

ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»
Физико-технологический институт

**V Международная молодежная научная конференция,
посвященная памяти Почетного профессора УрФУ В.С. Кортova**

**Физика. Технологии. Инновации.
ФТИ-2018**

Секция 4

14–18 мая 2018 г.

Тезисы докладов

Екатеринбург
2018

УДК 001.895:621.039 (063)
ББК 22.31я43+24.13я43+32.97я43
Т29

Т29 Тезисы докладов V Международной молодежной научной конференции, посвященной памяти Почетного профессора УрФУ В.С. Кортובה (Секция 4): Физика. Технологии. Инновации ФТИ-2018 (14–18 мая 2018 г.). / отв. за вып. А. В. Ищенко. Екатеринбург : УрФУ, 2018. 130 с.

Конференция проведена при финансовой поддержке РФФИ в рамках проекта 18-32-10016 мол_г.

Редакционная коллегия: В. Н. Рычков, С. В. Звонарев, А. В. Ищенко, Е. А. Бунтов, И. С. Жидков, А. С. Дедюхин, В. С. Семенищев, М. И. Сутормина, О. А. Евсегнеев, А. А. Смирнов, Д. А. Метелев, Э. В. Патраков.

УДК 001.895:621.039 (063)
ББК 22.31я43+24.13я43+32.97я43

©УрФУ, 2018

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 4 Материаловедение.....	8
<i>Закиров И.Ф., Никулин А.Д., Обабков Н.В.</i> Исследование свойств керамических теплозащитных покрытий нанесенных на металлические подложки	9
<i>Галишева А.О., Мухамедьянова Е.В., Тарасова Н.А., Анимица И.Е.</i> Новые фтор-замещенные протонные проводники $Ba_4In_2Zr_2O_{11-0.5x}F_x$ со структурой перовскита	11
<i>Антипинская Е.А., Политов Б.В., Чесноков К.Ю.</i> Электротранспортные свойства ферритов лантана-стронция допированных марганцем.....	12
<i>Политов Б.В., Маршеня С.Н., Сунцов А.Ю., Меркулов О.В.</i> Ионный транспорт в высоконестехиометричных оксидных соединениях с перовскитоподобной структурой.....	13
<i>Вишневская О.В., Вознесенский Э.Ф., Ибрагимов Р.Г., Вишневский В.В., Гаврилов М.Д., Харанудько Ю.В.</i> Двухстадийная модификация текстильных материалов с мембранным покрытием.....	14
<i>Хайруллин Р.Р., Евдокимов И.А., Перфилов С.А., Поздняков А.А., Бланк В.Д.</i> Наноструктурные алюмоматричные композиционные материалы с высокой удельной прочностью	16
<i>Кулемина А.А., Ковенский И.М.</i> Влияние легирования и термической обработки на коррозионные свойства электролитических сплавов на основе никеля.....	18
<i>Мухамедьянова Е.В., Галишева А.О., Тарасова Н.А., Анимица И.Е.</i> Влияние природы галогена (F, Cl) на электрические свойства протонных проводников на основе $Ba_4In_2Zr_2O_{11}$	19
<i>Ермакова В.П., Смирнова В.Г., Мельчаков С.Ю., Катаев В.В., Шешуков О.Ю., Некрасов И.В.</i> Микроструктура комплексного кремнийсодержащего модификатора.....	20
<i>Калонов А.А., Волков А.Ю.</i> Структура и свойства композитов Cu/Mg.....	22
<i>Капустин С.Н., Воицков В.И., Цыкарев А.Н.</i> Особенности механизма армирования полимерных композитов функционализированными углеродными нанотрубками	24
<i>Slautin B.N., Alikin D.O., Romanyuk K.N., Shur V.Ya., Kholkin A.L.</i> Quantitative characterization of the ionic mobility and concentration in Li-battery cathodes via low frequency electrochemical strain microscopy.....	25
<i>Пронская А.Д., Печенкина Л.С.</i> Использование высокотемпературной газостатической обработки для улучшения структуры отливок из специальных сталей.....	27
<i>Попов С.А., Ташлыков О.Л.</i> Разработка быстросъемной комбинированной радиационной и тепловой защиты оборудования и систем АЭС.....	29
Микроструктура и свойства мембранных сплавов системы V-Ti-Ni	30
<i>Сипатов И.С., Сидоров Н.И., Пастухов Э.А., Востряков А.А.</i>	30
<i>Кудрявцев М.Д., Чернецкий И.В., Симонов М.Ю., Карташов В.В.</i> Керамический материал на основе диоксида циркония, армированный углеродными нанотрубками.....	31
<i>Thoemmes A.</i> Structure and properties of Ti-Nb alloys fabricated by suction casting	32
<i>Матвеев Е.С., Орлова К.А., Христова М.О., Алябышева И.В., Кочетова Н.А.</i> Твердооксидные композиционные электролиты на основе индатов бария различного состава.....	33

Бушуева Е.Г., Плотников Г.О., Батаев В.А. Структура и свойства борсодержащих покрытий, сформированных методом вневакуумной электронно-лучевой наплавки.....	35
Кузнецова Ю.В., Дорошева И.Б., Ремпель С.В. Наноккомпозит на основе наночастиц сульфида кадмия в кремний-оксидной матрице.....	36
Даниленко И.А., Петрова Е.В., Яковлев Г.А., Баглаева Е.М., Селезнев А.А. Сферулы из грязевого осадка: состав и происхождение.....	37
Жихарева И.Г., Денисенко Д.В., Шмидт В.В., Смирнова Н.В. Особенности структуры криогенного сплава Fe-Ni, содержащего новые фазы	39
Есеев М.К., Гошев А.А., Капустин С.Н. Исследование кавитационного и электрокоррозионного разрушения материалов гребных винтов и валов в гидродинамических средах	40
Шершнев С.Н., Михайлова А.Ф., Ташлыков О.Л. Сравнение характеристик многослойной и гомогенной радиационных защит	42
Смирнова Н.В., Жихарева И.Г., Шмидт В.В. Получение и механизм образования гексагональной фазы ϵ -железа для конструкционного сплава Fe-Ni.....	43
Макарова А.Э., Базуева М.В., Волкова Н.Е., Черепанов В.А. Кристаллическая структура и свойства сложных оксидов, образующихся в системе Ba-Pr-Fe-Co-O.....	45
Басырова Л.Р., Осипов В.В., Лукьяшин К.Е., Шитов В.А., Максимов Р.Н. Диффузионная сварка лазерных Nd:YAG керамик с различной микроструктурой	46
Лукьяшин К.Е., Шитов В.А., Ищенко А.В., Шевелев В.С., Шульгин Б.В., Басырова Л.Р. Влияние условий синтеза Ce:YAG керамики на люминесцентно-оптические свойства	48
Каримуллин И.И., Вознесенский Э.Ф., Гарифуллин А.Р., Карноухов А.Е. Исследование влияния высокочастотной плазменной обработки на время впитывания воды в базальтовую ткань.....	50
Перегримов М.Е., Заяц С.В. Изучение свойств композита Al+Al ₂ O ₃ , полученного всесторонней магнитно-импульсной пластической деформацией	52
Дедов К.В., Рагузина Е.В., Абрамов А.В., Половов И.Б., Волкович В.А., Шак А.В., Ребрин О.И. Коррозионное поведение стали ЭП-823 в урансодержащих хлоридных расплавах.....	54
Хвостов С.С., Голосов О.А., Зайков Ю.П., Барыбин А.В., Глушкова Н.В., Старицын С.В., Пастухов В.И., Никитина Е.В., Казаковцева Н.А., Козлов А.В. Исследование скорости коррозии сталей в расплавах солей с использованием метода нейтронной активации.....	55
Партин Г.С., Батеко Ю.А., Анимца И.Е. Транспортные свойства композиционных систем (100-x)La ₂ Mo ₂ O ₉ – xLa ₂ Mo ₃ O ₁₂ с доминирующим кислород-ионным переносом	56
Garamov G.A., Potanina D.S., Makhin V.E., Orudzhova O.N. Research of thermal physics characteristics bonded synthetic fabric aimed for using in structural technologies.....	58
Тельный Я.В., Носов А.П. Ферромагнитный резонанс в тонких пленках железитриевого граната.....	59
Визнер А.С., Брюзгина А.В., Урусова А.С., Черепанов В.А. Фазовые равновесия в системе Y-Ca-Co-O	61
Васильева Д.В., Федоров В.И., Местников А.Е. Физико-механические свойства гранулированного пеностекла-пеноцеолита и легких бетонов на их основе.....	62

Смирнов Н.О., Звонарев С.В. Влияние режимов синтеза керамики оксида алюминия с магнием на фото- и катодолюминесценцию.....	63
Востротина Е.Л., Гусева А.Ф., Пестерева Н.Н., Отческих Д.Д., Лопатин Д.А. Ионная проводимость в композитах $\text{Sm}_2(\text{WO}_4)_3 - \text{WO}_3$	65
Иванов И.В., Руденя Е.А. Влияние кристаллографической текстуры и микроструктуры титана после холодной и горячей прокатки на его коррозионную стойкость в биологической среде.....	67
Наумова М.С., Платонов В.В., Осипов В.В. Синтез нанопорошка $\text{Fe:MgAl}_2\text{O}_4$ импульсно-периодическим CO_2 -лазером.....	68
Кашапова А.Р., Самигуллина К.Р., Харанудько Ю.В., Гребенищикова М.М., Гаврилов М.Д., Вишневская О.В. Исследование бактерицидных эффектов поверхностей за счет применения плазменных технологий.....	70
Верещагин А.О., Обабков В.Н., Обабков Н.В., Машковцев М.А. Оксидные порошки $\text{ZrO}_2\text{-CeO}_2\text{-Y}_2\text{O}_3$ для плазменного напыления термостойких термобарьерных покрытий.....	72
Портных М.А., Панченко В.Л. Характеристики радиационной пористости, образующейся в стали X18H9 при длительном реакторном облучении.....	74
Егочина В.И., Копосов Г.Д. Влияние солевых и щелочных примесей на влагопереход лед-песок при отрицательных температурах.....	76
Филиппова К.Е., Егорова А.Д. Ультрадисперсная модифицирующая цеолитовая добавка для гипсобетонов.....	77
Калабурдин А.В., Литовченко В.Ю., Таишлыков О.Л. Расчетный анализ радиационно-защитных характеристик полиэтиленовых композитов с порошками обедненного урана.....	78
Закирова А.Ф., Закиров И.Ф., Обабков Н.В., Титова С.М. Синтез керамических волокон $\text{ZrO}_2\text{-Y}_2\text{O}_3$ методом пропитки нетканного вязкого материала.....	80
Гужова А.А., Галиханов М.Ф., Камалова Р.И., Минзагирова А.М. Композиционный электреты материал на основе полилактида и монтмориллонита.....	81
Анохина И.А., Анимитца И.Е. Электролиты на основе β'' -глинозема.....	83
Николаева М.М., Партин Г.С., Корона Д.В., Кочетова Н.А. Композиционные электролитические материалы на основе семейства LAMOX.....	84
Удачин В.И., Анимитца И.Е. Получение новых среднетемпературных протонных проводников на основе цирконата лантана-лития $\text{Li}_{7-x}\text{H}_x\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$ методом ионного обмена.....	86
Obrubova A.V., Salikhova G.R., Animitsa I.E. Investigation of structure and transport properties of solid solution $\text{LaAl}_{1-x}\text{Zn}_x\text{O}_{3-1/2x}$	87
Дедов К.В., Асеев М.А., Гибадуллина А.Ф., Пантюхин А.П., Жиликов А.Ю., Половов И.Б., Беликов С.В., Шевакин А.Ф., Ребрин О.И. Построение диаграммы «время – температура – фазовая стабильность» для сплава ХН62М.....	89
Гаврилов М.Д., Вишневская О.В., Харанудько Ю.В., Карноухов А.Е., Самигуллина К.Р., Кашапова А.Р., Вознесенский Э.Ф. Исследование гигиенических свойств пористых полиэтиленовых пленок, наполненных CaCO_3	91
Дедов К.В., Мальцев Д.С., Волкович В.А., Карнов В.В., Абрамов А.В., Половов И.Б., Ребрин О.И. Влияние цинка на коррозию конструкционных материалов в урансодержащих хлоридных расплавах.....	92

<i>Хрюкин А.А.</i> Экспериментальная оценка прочностных характеристик бетонных образцов усиленных композитными материалами в условиях действия низкой температуры.....	93
<i>Жарченкова М.И., Перфилов С.А., Бланк В.Д.</i> Исследование влияния углерода на механические свойства композиционного сплава на основе вольфрама, полученного методом электроискрового спекания	95
<i>Тихонов Е.В., Лисенков В.В., Платонов В.В., Осипов В.В.</i> Рассеяние лазерного излучения в порошковых диэлектрических средах с различным показателем преломления	97
<i>Пахаруков Ю.В., Шабиев Ф.К., Сафаргалиев Р.Ф.</i> Исследование вытеснение нефти из пористой среды, с использованием графеновой суспензии	98
<i>Карноухов А.Е., Вознесенский Э.Ф., Каримуллин И.И., Харанудько Ю.В.</i> Исследование влияния высокочастотной ёмкостной плазменной обработки на капиллярные свойства базальтовых тканей.....	100
<i>Гибадуллина А.Ф., Половов И.Б. Ребрин О.И.</i> Моделирование структуры суперсплавов на никельхромомолибденовой основе	102
<i>Муфтахетдинова Р.Ф., Яковлев Г.А., Гроховский В.И.</i> Структурные особенности метеорита Odessa.....	103
<i>Гибадуллина А.Ф., Шак А.В., Жияков А.Ю., Беликов С.В., Половов И.Б., Ребрин О.И.</i> Исследование структуры и термическая обработкой коррозионностойкого сплава VDM ® Alloy C-4 различного сортамента.....	105
<i>Трубченинова А.И., Абрамов А.В., Карпов В.В., Дедов К.В., Асеев М.А., Жияков А.Ю., Хотинков В.А., Половов И.Б., Беликов С.В., Шевакин А.Ф., Харин П.А., Ребрин О.И.</i> Коррозионные, механические и теплофизические свойства нового сплава ХН62М	107
<i>Тюрин И.Н., Гетманцева В.В.</i> Влияние пьезорезистивных характеристик на экранирующую способность токопроводящих тканей.....	109
<i>Кудюков Е.В., Балымов К.Г., Антонов И.Д., Терзиян Т.В., Васьковский В.О.</i> Синтез и аттестация функциональных слоев для композитного мультиферроика.....	111
<i>Рождественская А.В., Бардина М.Н., Нестерова И.А., Митюшова Ю.А., Султанова Д.Т., Гордеева А.С., Денисова Э.И., Карташов В.В., Чукин А.В.</i> Изучение влияния условий прокаливания на процесс удаления твердого углерода из порошковых композиций "микро($ZrO_2-Y_2O_3$)-нано($ZrO_2-Y_2O_3$)"	112
<i>Ёлохова А.А., Брюзгина А.В., Урусова А.С., Черепанов В.А.</i> Твердые растворы на основе феррокупрата бария и иттрия.....	114
<i>Иванов Р.А., Мелких А.В.</i> Исследование влияния движения расплава на микроструктуру 3D печатного изделия, выполненного методом лазерного плавления.....	116
<i>Хвостова Л.В., Петрова А.В., Волкова Н.Е., Черепанов В.А.</i> Кристаллическая структура сложных оксидов общего состава $Sr_{1-x}Gd_xFeO_{3-\delta}$	117
<i>Пьянкова Д.В., Михайловская З.А., Кузнецова Ю.А.</i> Свойства сложных висмутзамещенных оксидов на основе $CaMoO_4$	119
<i>Аникеев А.Н., Седухин В.В.</i> Способ модифицирования поверхности отливок при газифицированном литье с целью увеличения износостойкости	120
<i>Аникеев А.Н., Сергеев Д.В.</i> Изучение продуктов реакции карбида титана и низкоуглеродистой вольфрамсодержащей сталью в окислительной атмосфере	122

<i>Козловский А.Л., Кадыржанов Д.Б.</i> Направленная модификация наноструктур	123
<i>Зейде К.М., Шаров В.В.</i> Экспериментальное исследование рефракционных свойств потока воды с мелкодисперсными примесями.....	125
<i>Антонов Д.О., Молочников Л.С., Ковалева Е.Г.</i> pH среды внутри пор и вблизи поверхности бинарных ксерогелей ZrO_2-SiO_2 по данным спиновых зондов.....	127
<i>Козловский А.Л., Кадыржанов Д.Б.</i> Исследование изменения структурных свойств дендритов под действием радиационного облучения He-частицами.....	129

СЕКЦИЯ 4
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ КЕРАМИЧЕСКИХ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ НАНЕСЕННЫХ НА МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОДЛОЖКИ

Закиров И.Ф.*, Никулин А.Д., Обабков Н.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: zif-89@mail.ru

STUDY OF THE PROPERTIES OF CERAMIC HEAT- PROTECTIVE COATINGS APPLIED ON METAL SUBSTANCES

Zakirov I.F.*, Nikulin A.D., Obabkov N.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The technology of hardening of heat-protective ceramic coatings $ZrO_2-Y_2O_3$ is proposed. The method includes ceramic reinforcement of ceramic fibers and metal substrates using nichrome spirals.

При использовании теплозащитных покрытий состава $ZrO_2-Y_2O_3$ толщиной более 1 мм эффективность таких покрытий резко снижается вследствие образования на границе «основа – покрытие» при нагреве и охлаждении значительных по величине термических напряжений [1]. По мере увеличения толщины покрытия уровень этих напряжений растет. Отсутствие пластичности керамических слоев и недостаточная их адгезия с металлической основой ведет к релаксации этих напряжений путем образования и распространения трещин на границе «основа-покрытие», что в конечном итоге приводит к отслоению покрытия. Для создания толстослойной керамики с сохранением необходимых требований по термостойкости используют многослойные конструкции, например, внешний слой – керамика, подслой на металлической основе и между подслоем и керамикой градиентные слои с переменным содержанием компонентов подслоя и керамики [2].

Нами разработана технология получения толстых керамических слоев на основе $ZrO_2-Y_2O_3$, которая обеспечивает необходимую стойкость их в условиях термоциклирования. Сначала производится подготовка металлической подложки, которая включает расположение в определенном порядке на поверхности подложки спиралей из металлической проволоки (нихрома). Далее методом пайки с помощью высокотемпературного припоя ВПр-11-40Н их прикрепляют к поверхности подложки. Затем разрезают верхние гребни спиралей и правят образующиеся «усы» с ориентировкой в направлении перпендикулярном поверхности подложки (рис.1).

Было определено, что диаметр витков спиралей из нихрома (d) зависит от толщины покрытия (h) и должен составлять величину $h/2 < d < h/1,25$.

На подготовленную таким образом подложку наносят подслей шликера из смеси порошков Ni и Al, и керамику в виде густого шликера с парафином со-

става ZrO_2 - Y_2O_3 -керамическое волокно с последующей подпрессовкой, сушкой и обжигом при температуре $1200^\circ C$.

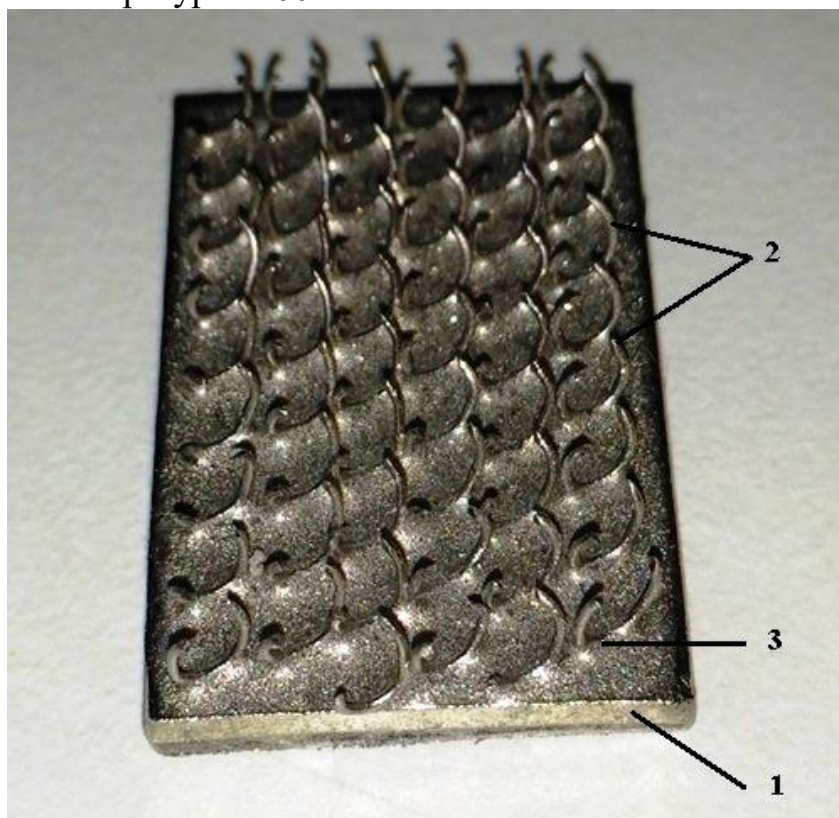


Рис.1. Схема крепления армирующих элементов к металлической подложке: 1- подложка, 2- армирующие элементы, 3- места пайки.

Введение керамического волокна до 10 масс.%. позволяет дополнительно упрочнить пористый керамический слой на металлической подложке. В подслое в процессе вакуумного отжига при температуре $1200^\circ C$ за счет экзотермической реакции взаимодействия Ni и Al происходит образование алюминида никеля - Ni_3Al , и частично на границе с подложкой алюминидов железа. Это способствует дополнительному упрочнению керамического слоя с металлической подложкой.

Были проведены испытания керамических покрытий толщиной 5 мм на стали 12X18H10T, полученных по разработанной технологии в условиях термоциклирования: нагрев - струей газа $300 \rightarrow 2200K$ в течении 5 сек, охлаждение - обдув воздухом $2200 \rightarrow 300K$ в течение 15 сек. Покрытия выдержали более 5-10 термоциклов без видимых нарушений.

1. Абраимов Н.В. Высокотемпературные материалы и покрытия для газовых турбин.- М.: Машиностроение, 1993.-336с.

2. Kvernes I. Ceramic Coatings as Thermal Barriers in a Diesel And Gas Turbine Engine Components (Elsevier, Amsterdam, 1987), pp. 2519–2536.

НОВЫЕ ФТОР-ЗАМЕЩЕННЫЕ ПРОТОННЫЕ ПРОВОДНИКИ $\text{Ba}_4\text{In}_2\text{Zr}_2\text{O}_{11-0.5x}\text{F}_x$ СО СТРУКТУРОЙ ПЕРОВСКИТА

Галишева А.О.^{*}, Мухамедьянова Е.В., Тарасова Н.А., Анимитца И.Е.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: jelya95@gmail.com

NOVEL FLUORINE-SUBSTITUTED PROTON CONDUCTORS $\text{Ba}_4\text{In}_2\text{Zr}_2\text{O}_{11-0.5x}\text{F}_x$ WITH PEROVSKITE STRUCTURE

Galisheva A.O.^{*}, Muhamedyanova E.V., Tarasova N.A., Animitsa I.E.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The fluorine-substituted perovskites $\text{Ba}_4\text{In}_2\text{Zr}_2\text{O}_{11}$ were synthesized by the solid state method. The crystalline structure has been investigated by the powder X-ray diffraction. The studied phases were found to be able to incorporate water from the gas phase. The conductivity was measured at T and pH_2O variation.

В последнее время ведутся активные разработки материалов с заданными свойствами, пригодных в качестве электролита твердооксидного топливного элемента. Материалы такого типа должны обладать высокой проводимостью в среднетемпературном диапазоне, а также быть устойчивыми в окислительных и восстановительных атмосферах.

Широко изученными в данной области являются перовскитные структуры типа цератов или цирконатов щелочноземельных металлов. Так, церат бария BaCeO_3 показывает достаточно высокие значения электропроводности, но при этом деградирует в атмосфере CO_2 .

Для оптимизации свойств материалов часто используют методы допирования. Наиболее распространенным является допирование катионной подрешетки. С помощью данного метода из фазы $\text{Ba}_2\text{In}_2\text{O}_5$ со структурой браунмиллерита, вакансии кислорода в котором упорядочены, была получена фаза $\text{Ba}_4\text{In}_2\text{Zr}_2\text{O}_{11}$, характеризующаяся структурой перовскита с разупорядоченным расположением кислородных вакансий. Вакансионное разупорядочение в анионной подрешетке является преимуществом, т.к. приводит к увеличению проводимости. Однако, существует другой метод улучшения физико-химических свойств – анионное допирование, то есть замещение ионов O^{2-} на ионы иного радиуса или валентности.

В рамках настоящего исследования методом твердофазного синтеза получены фтор-замещенные твердые растворы на основе $\text{Ba}_4\text{In}_2\text{Zr}_2\text{O}_{11}$, проведена их рентгенографическая аттестация. Методом термогравиметрии доказана способность исследуемых составов к диссоциативному поглощению воды из газовой

фазы. Исследованы температурные зависимости общей электропроводности при варьировании T , $p\text{H}_2\text{O}$.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ

ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТНЫЕ СВОЙСТВА ФЕРРИТОВ ЛАНТАНА-СТРОНЦИЯ ДОПИРОВАННЫХ МАРГАНЦЕМ

Антипинская Е.А.^{1*}, Политов Б.В.², Чесноков К.Ю.²

¹⁾ Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

²⁾ Институт химии твердого тела УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: Elizaveta971997@gmail.com

ELECTRICAL TRANSPORT PROPERTIES OF MANGANESE-DOPED LANTHANUM-STRONTIUM FERRITES

Antipinskaya E.A.^{1*}, Politov B.V.², Chesnokov K.Yu.²

¹⁾ Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

²⁾ Institute of solid state chemistry RAS, Yekaterinburg, Russia

During the research a number of solid oxides corresponding to chemical formula $\text{LaSr}_2(\text{Fe}_{1-x}\text{Mn}_x)_3\text{O}_{9-\delta}$ were synthesized, their phase homogeneity was confirmed. Electrical measurements at different outer experimental conditions for compounds with $x = 0.1, 0.17, 0.33$ were performed.

Сложные оксиды со структурой перовскита являются одними из наиболее перспективных материалов для изготовления кислородпроводящих мембран. Феррит лантана-стронция $(\text{La}, \text{Sr})\text{FeO}_{3-\delta}$ является ярким представителем оксидов данного класса, так как обладает высокими значениями кислород-ионной и электронной проводимости, а также приемлемой стабильностью в сильно восстановительных условиях, что имеет большое значение при создании реакторов парциального окисления метана. Однако данные материалы обладают рядом недостатков, к которым можно отнести структурные разупорядочения, а также высокие значения термического и химического расширения. Допирование позволяет варьировать функциональные физико-химические характеристики материалов в широком диапазоне значений, поэтому, данная работа посвящена изучению влияния частичного замещения железа на марганец в серии сложных оксидов $\text{LaSr}_2(\text{Fe}_{1-x}\text{Mn}_x)_3\text{O}_{9-\delta}$, где $x = 0, 0.1, 0.17, 0.33$.

В настоящем исследовании сложные оксиды состава $\text{LaSr}_2(\text{Fe}_{1-x}\text{Mn}_x)_3\text{O}_{9-\delta}$, где $x = 0, 0.1, 0.17, 0.33$ были синтезированы глицин-нитратным методом. Однофазность синтезированных ферритов была установлена методом рентгенофазового анализа. Полученные дифрактограммы были

проиндексированы в рамках кубической пространственной группы $Pm\bar{3}m$. Рентгеноструктурный анализ показал, что с ростом содержания марганца геометрические размеры элементарной ячейки уменьшаются. Измерение электропроводности и термо-ЭДС ферритов состава $\text{LaSr}_2(\text{Fe}_{1-x}\text{Mn}_x)_3\text{O}_{9-\delta}$, где $x = 0.1, 0.17, 0.33$, в зависимости от температуры и парциального давления кислорода в газовой фазе было выполнено четырехзондовым методом на постоянном токе. Установлено, что при низких значениях парциального давления кислорода происходит смена типа проводимости в феррите $\text{LaSr}_2(\text{Fe}_{1-x}\text{Mn}_x)_3\text{O}_{9-\delta}$ с дырочной на электронную, что подтверждается изменением знака термо-ЭДС.

Анализ общей проводимости показал, что ионная проводимость для марганец-содержащих составов снижается по сравнению с недопированным оксидом, в то время как дырочная компонента возрастает, что в конечном итоге приводит к увеличенному в сравнении с матричным составом значению кислородного потока.

ИОННЫЙ ТРАНСПОРТ В ВЫСОКОНЕСТЕХИОМЕТРИЧНЫХ ОКСИДНЫХ СОЕДИНЕНИЯХ С ПЕРОВСКИТОПОДОБНОЙ СТРУКТУРОЙ

Политов Б.В.^{1*}, Маршеня С.Н.², Сунцов А.Ю.¹, Меркулов О.В.¹

¹⁾ Институт химии твердого тела УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

²⁾ Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: politoffboris@yandex.com

ION TRANSPORT IN HIGHLY NONSTOICHIOMETRIC OXIDES WITH PEROVSKITE-LIKE STRUCTURE

Politov B.V.^{1*}, Marshenya S.N.², Suntsov A.Yu.¹, Merkulov O.V.¹

¹⁾ Institute of solid state chemistry RAS, Ekaterinburg, Russia

²⁾ Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

Solid solutions with nominal composition $\text{Pr}_{1-x}\text{Y}_x\text{BaCo}_{2-y}\text{Al}_y\text{O}_{6-\delta}$ where $x = 0, 0.1$ and $y = 0, 0.1$ were synthesized, phase purity of the samples obtained was confirmed by XRD analysis. Cobaltites' equilibrium oxygen content was determined via combination of coulometric titration and thermogravimetry. Thermal expansion of $\text{Pr}_{1-x}\text{Y}_x\text{BaCo}_{2-y}\text{Al}_y\text{O}_{6-\delta}$ oxides was studied with the help of dilatometry. Oxygen permeability was measured in a specially equipped device. Theoretical model was proposed and used for explanation of the data obtained.

Сложные оксиды с перовскитоподобной структурой являются одними из наиболее перспективных материалов керамических мембран, используемых для получения чистого кислорода при повышенных температурах. Среди таких оксидов выделяются кобальтиты $\text{LnBaCo}_2\text{O}_{6-\delta}$, где Ln – лантаноид, которые имеют необходимые высокие значения ионной и электронной проводимости и, поэтому, могут использоваться для создания мембран. Однако данные соединения недостаточно стабильны в восстановительных условиях, а также демонстрируют неприемлемо высокое термическое расширение, что ограничивает их практическую применимость. Традиционным способом модификации свойств многокомпонентных оксидов является частичное замещение катионов как в А, так и в В-подрешетке, что позволяет в некоторой мере нивелировать указанные недостатки, поэтому, настоящая работа посвящена введению Y и Al в матричный кобальтит $\text{PrBaCo}_2\text{O}_{6-\delta}$.

В настоящем исследовании сложные оксиды состава $\text{Pr}_{1-x}\text{Y}_x\text{BaCo}_{2-y}\text{Al}_y\text{O}_{6-\delta}$ где $x = 0, 0.1$ и $y = 0, 0.1$ были получены глицерин-нитратным методом. Однофазность кобальтитов была подтверждена методом рентгенофазового анализа. Равновесное содержание кислорода в указанных оксидах было измерено методами термогравиметрии и кулонометрического титрования, установлены границы термодинамической стабильности образцов. В рамках квазихимического подхода предложена теоретическая модель функциональной зависимости содержания кислорода в $\text{Pr}_{1-x}\text{Y}_x\text{BaCo}_{2-y}\text{Al}_y\text{O}_{6-\delta}$ где $x = 0, 0.1$ и $y = 0, 0.1$ от его равновесного давления в газовой фазе, успешно верифицированная по экспериментальным данным. Измерения кислородной проницаемости кобальтитов были сопоставлены с результатами теоретических расчетов, определены энергии активации ионной проводимости.

ДВУХСТАДИЙНАЯ МОДИФИКАЦИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С МЕМБРАННЫМ ПОКРЫТИЕМ

Вишневская О.В.*, Вознесенский Э.Ф., Ибрагимов Р.Г., Вишневский В.В.,
Гаврилов М.Д., Харапудько Ю.В.

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
г. Казань, Россия

*E-mail: olesya-zef@yandex.ru

TWO-STEP MODIFICATION OF TEXTILE MATERIALS WITH MEMBRANE COATING

Vishnevskaya O.V.*, Voznesensky E.F., Ibragimov R.G., Vishnevsky V.V.,
Gavrilov M.D., Kharapudko Yu.V.

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

The possibility of using a two-stage plasma modification for improving the hygienic properties of textile materials with a membrane coating in order to improve steam, air permeability and water resistance was studied.

На отечественном рынке для пошива верхней спецодежды используются текстильные материалы с беспористым мембранным покрытием. Это, прежде всего, связано с малозатратным производством подобных материалов, их высокой прочностью и стойкостью к агрессивным химическим соединениям. Однако текстильные материалы с беспористым мембранным покрытием имеют достаточно серьезный недостаток – низкую паропроницаемость. Актуальным способом исключения данного недостатка является модификация мембранных материалов. Анализ современных технологий, используемых в текстильной промышленности, показал, что модификация тканей неравновесной низкотемпературной плазмой (ННТП) широко используется не только в научных исследованиях, но и для решения конкретных производственных и технологических задач [1]. Плазменная модификация является универсальным способом регулирования свойств материалов, при этом она не ухудшает их защитных характеристик. Целью данного исследования являлась модификация текстильных материалов с беспористым мембранным покрытием в ННТП для повышения их гигиенических свойств.

Поскольку речь идет о материалах с диаметрально противоположными поверхностными свойствами с двух сторон, ткани подвергались модификации двухстадийно: со стороны мембранного покрытия в среде воздуха, со стороны ткани-основы материал обрабатывался в среде аргона-ацетилен. Так как на основе ранее проведенных исследований известно, что модификация ВЧ плазмой в среде азота или воздуха повышает гидрофильные свойства поверхности, а в среде углеводородного газа – гидрофобные. Параметры плазменной обработки: мощность (W_p) 1000–1500 Вт, рабочее давление газа (P) 21,6–20,5 Па, продолжительность обработки (t) 10–40 мин, расход газа (G) 0,02–0,1 г/с, в качестве плазмообразующего газа использовались воздух и смесь аргон-ацетилен [2, 3].

В результате двухстадийной плазменной модификации получены текстильные материалы с повышенными гигиеническими свойствами, а именно, паропроницаемость исследуемых материалов увеличилась на 15%, воздухопроницаемость на 31-54% и водоупорность на 17%.

1. Абдуллин И.Ш., Ибрагимов Р.Г., Зайцева О.В и др. Дизайн. Материалы. Технология, 5 (35), 25 (2014).
2. Вишневская О.В. Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности, 3 (37), 55 (2017).
3. Voznesensky E.F., Ibragimov R.G., Vishnevskaya O.V. and others. Journal of Physics: Conference Series, 927, 1 (2017).

НАНОСТРУКТУРНЫЕ АЛЮМОМАТРИЧНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ С ВЫСОКОЙ УДЕЛЬНОЙ ПРОЧНОСТЬЮ

Хайруллин Р.Р.^{1,2}, Евдокимов И.А.^{1,3}, Перфилов С.А.¹,
Поздняков А.А.¹, Бланк В.Д.^{1,2}

¹⁾ Технологический институт сверхтвёрдых и новых углеродных материалов,
г. Москва, г. Троицк, Россия

²⁾ Московский физико-технический институт, г. Долгопрудный, Россия

*E-mail: radionowi4@bk.ru

³⁾ Общество с ограниченной ответственностью «Научно-производственное объединение СИКОМП», г. Владимир, Россия

*E-mail: ivan_911@mail.ru

NANOSTRUCTURED ALUMINUM COMPOSITE MATERIALS WITH HIGH STRENGTH CHARACTERISTICS

Khayrullin R. R.^{1,2}, Evdokimov I. A.^{1,3}, Perfilov S. A.¹,
Pozdnyakov A. A.¹, Blank V. D.^{1,2}

¹⁾ Technological Institute for Superhard and Novel Carbon Materials, Moscow,
Troitsk, Russia

²⁾ Moscow Institute of Physics and Technology, Dolgoprudny, Russia

³⁾ Limited Liability Company "Scientific and Production Association SIKOMP",
Vladimir, Russia

In this work aluminum-magnesium alloy was nanostructured through mechanical activation technique and modified with fullerenes C₆₀. Excellent mechanical properties were obtained, such as bending strength up to 1100 MPa, microhardness up to 3300 MPa. The effect of additional magnesium doping and C₆₀ fullerene modification on the structural-phase composition and the physical-mechanical properties of the resulting composites was studied.

Создание новых материалов конструкционного и функционального назначения является одной из приоритетных задач современного материаловедения. Традиционные металлы и сплавы в значительной мере достигли предела своих механических и технологических свойств, что ограничивает их применение в современной науке и технике. Создание новых материалов требует применения инновационных методов и технологий. На сегодняшний день наноструктурирование является одним из наиболее перспективных путей повышения физико-механических, технологических и эксплуатационных свойств современных материалов.

В рамках данной работы, методами порошковой металлургии были получены алюмоматричные композиционные материалы (КМ), проведены исследования влияния дополнительного легирования магнием и модифицирования фул-

лереном C_{60} на структурно-фазовый состав и физико-механические свойства наноструктурных алюмоматричных КМ.

В качестве матричного сплава применялись деформационно-упрочняемые сплавы АМгЗ и АМг6. Для увеличения концентрации магния, в состав КМ дополнительно вводилось 3–6 % магния (химически чистый, чистотой 99,9 %). В качестве модифицирующей добавки применяли 0,3 весовых % фуллерена C_{60} (99,5 %). Наноструктурирование и смешивание исходных материалов проводили в планетарной шаровой мельнице АГО-2У. Все манипуляции с исходными материалами и полученными порошками проводили в заполненном аргоном перчаточном боксе при чистоте газа по кислороду и парам воды не хуже 0,1 ppm. Полученные после размол порошки брикетировались и подвергались прямой экструзии при температуре 270°C.

Методом рентгеноструктурного анализа (РСА) и просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) было установлено, что в процессе размол магний образует насыщенный твёрдый раствор, о чем свидетельствует увеличение параметра решётки алюминия. В результате чего увеличивается вклад твердорастворного упрочнения в общую прочность КМ. Согласно ПЭМ и РСА избыточный магний, не участвующий в образовании твёрдого раствора, образует ультрадисперсную интерметаллидную фазу Al_3Mg_2 и $Al_{12}Mg_{17}$.

Модифицирование КМ фуллереном C_{60} позволяет стабилизировать полученную наноструктуру и предотвратить рекристаллизацию матричного сплава до 270°C. Экструдированные образцы КМ демонстрируют повышенные значения механических свойств при сохранении плотности матричного сплава на уровне 2,6 г/см³. Предел прочности при растяжении составляет до 880 МПа, предел прочности при изгибе до 1100 МПа и микротвердость до 3300 МПа. Максимальное значение удельной прочности полученных КМ составило 34 км, что сопоставимо со свойствами стеклопластиков. Применение таких материалов перспективно в областях науки и техники где соотношение прочности изделия к его весу имеет ключевое значение.

Работа выполнена при финансовой поддержке министерства образования и науки Российской Федерации, в рамках соглашения №14.574.21.0162 от 26 сентября 2017 г, идентификационный номер проекта RFMEFI57417X0162.

ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРОВАНИЯ И ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА КОРРОЗИОННЫЕ СВОЙСТВА ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИХ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ НИКЕЛЯ

Кулемина А.А., Ковенский И.М.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

E-mail: kuleminaaa@tyuiu.ru

INFLUENCE OF ALLOYING AND HEAT TREATMENT ON THE CORROSION PROPERTIES OF ELECTROLYTIC ALLOYS ON THE BASIS OF NICKEL

Kulemina A.A., Kovenskiy I.M.

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

In this work is considered influence of molybdenum and also heat treatment on the corrosion properties of electrolytic alloys on the basis of nickel. Features of structure are studied and the interrelation between structure and corrosion resistance of alloys is established.

Борьба с коррозией является одним из наиболее значимых вопросов нефтегазовой отрасли, так как компании терпят серьезные убытки от коррозионных повреждений нефтегазового оборудования. Защита от коррозии электролитическими металлами используется довольно давно, однако ресурс электролитических сплавов изучен не достаточно. Наиболее перспективными, в вопросах защиты от коррозии, являются электролитические сплавы на основе никеля. В частности сплавы системы никель-молибден[1].

В работе рассмотрены электролитические сплавы с содержанием молибдена от 0 до 30%, полученные при различных режимах электроосаждения, а также подвергнутые отжигу.

Варьируя параметры электроосаждения, легирования и отжига можно получать различные структуры никель-молибденовых сплавов [2], причем они могут в значительной степени отличаться от диаграммы состояния характерной для металлургических сплавов[3] ввиду существенных отличий в условиях кристаллизации.

Целью данной работы явилось изучение коррозионных свойств покрытий полученных при различных режимах, степени легирования и термической обработки, а также установление взаимосвязи коррозионной стойкости от получаемой структуры.

Коррозионные испытания проводились гравиметрическим способом с использованием модельных сред рекомендованных ГОСТ, а также с применением попутно добываемой воды нефтяных месторождений Западной и Восточной Сибири.

В работе показаны закономерности изменения коррозионной стойкости покрытий в зависимости от содержания легирующего элемента с учетом форми-

руемой структуры покрытий. Также приведены исследования коррозионной стойкости покрытий в зависимости от условий термической обработки.

Используя полученные данные можно выбирать оптимальные режимы электроосаждения, легирования и термической обработки для обеспечения наилучшей защиты нефтепромышленного оборудования от коррозии.

1. Ковенский И.М., Венедиктов А.Н., Венедиктова И.А., Неупокоева А.А., Обухов А.Г. Известия высших учебных заведений. Нефть и газ, № 2, С. 101-107 (2012)
2. Ковенский И.М., Неупокоева А.А., Венедиктова И.А., Обухов А.Г. Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. № 2. С. 97-100. (2015).
3. Диаграммы состояния двойных металлических систем. Т.3, Машиностроение (2001)

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ ГАЛОГЕНА (F⁻, Cl⁻) НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРОТОННЫХ ПРОВОДНИКОВ НА ОСНОВЕ Ba₄In₂Zr₂O₁₁

Мухамедьянова Е.В., Галишева А.О., Тарасова Н.А., Анимитца И.Е.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: jelya95@gmail.com

THE INFLUENCE OF THE NATURE OF HALOGEN (F⁻, Cl⁻) ON THE ELECTRICAL PROPERTIES OF PROTON CONDUCTORS BASED ON Ba₄In₂Zr₂O₁₁

Muhamedyanova E.V., Galisheva A.O. *, Tarasova N.A., Animitsa I.E.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Improving the physico-chemical properties of complex oxides is one of the main tasks of modern materials science. Anion doping is one of the promising methods of modification. In the present study, a synthesis of novel halogen-substituted compounds with a perovskite structure was performed. The effect of halogen-dopant on electrical properties was established.

В последнее время большой научный интерес представляют материалы с перовскитоподобной структурой, так как они обладают рядом важных свойств. Соединения, имеющие дефицит в анионной подрешетке, способны поглощать молекулы воды из газовой фазы и проявлять кислородно-ионную и протонную проводимость, и могут использоваться как электролитические материалы в ячейках твердооксидных топливных элементов.

Для улучшения транспортных свойств анионное допирование является перспективным методом. На примере индата бария Ba₂In₂O₅ со структурой бра-

унмиллерита, вакансии кислорода в котором упорядочены, было показано, что введение другого подвижного иона (F^- , Cl^-) приводит к увеличению подвижности ионов кислорода, и протонов [1]. Это даёт нам основание предполагать, что частичное замещение ионов O^{2-} ионами F^- и Cl^- в перовските $Ba_4In_2Zr_2O_{11}$ с вакансионным разупорядочением в анионной подрешетке является актуальной задачей при изучении способов модификации свойств исходных матриц.

В настоящей работе выполнен синтез фтор- и хлор-замещённых составов на основе $Ba_4In_2Zr_2O_{11}$. Полученные образцы были аттестованы методом рентгенофазового анализа. Методом импедансной спектроскопии получены температурные зависимости общей электропроводности в сухой ($pH_2O=3.5 \cdot 10^{-5}$ атм) и влажной ($pH_2O=2 \cdot 10^{-2}$ атм) атмосферах. Установлено влияние природы галоген-допанта на электрические свойства состава $Ba_4In_2Zr_2O_{11}$.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ №16-33-60018

1. Tarasova N., Animitsa I., Filinkova Ya., Solid State Ion., 207, 29-37 (2012).

МИКРОСТРУКТУРА КОМПЛЕКСНОГО КРЕМНИЙСОДЕРЖАЩЕГО МОДИФИКАТОРА

Ермакова В.П.¹, Смирнова В.Г.¹, Мельчаков С.Ю.^{1*}, Катаев В.В.¹,
Шешуков О.Ю.^{1,2}, Некрасов И.В.¹

¹) Институт металлургии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

²) Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: s.yu.melchakov@gmail.com

MICROSTRUCTURE OF COMPLEX SILICON-CONTAINING MODIFIER

Ermakova V.P.¹, Smirnova V.G.¹, Melchakov S.Yu.^{1*}, Kataev V.V.¹,
Sheshukov O.Yu.^{1,2}, Nekrasov I.V.¹

¹) IMET UB RAS, Yekaterinburg, Russia

²) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The microstructure of complex modifier Insteel 7.0[®] was studied. The modifier consists of six phases: $TiFeSi_2$, $CaSi_2$, $Ca_{1-x}(La,Ce)_xSi_2$, $FeSi_2$, $BaSi_2$ (with impurities of Al, Mg), $TiCN$. An assumption was made about the inoculating (or modifying) ability of some components of the modifier after its addition to the Fe-Al(10-18 wt.%) steel.

Исследован комплексный модификатор Insteel 7.0 (ТУ 082-002-726848889-12), полученный в ООО «НПП Технология», г. Челябинск. Модификатор предназначен для ввода в расплавы сплавов на основе Fe-C с целью управления их микроструктурой. В состав Insteel 7.0 входят (масс.%): Si (49%), Ti (16%),

ЩЗМ (Ca (8%), Ba (8%)), редкие металлы (Ce (3.5%), La (2.5%)), N (0.5%), C (0.4%), остальное Fe.

Введение в расплав модификатора (инокулятора) обеспечивает появление дополнительных центров кристаллизации, которые способствуют образованию гомогенной и мелкозернистой структуры сплавов в твердом состоянии. Возможности модификаторов определяются, как известно [1], содержанием в них активных элементов, включая РЗМ, ЩЗМ, Ca, Ti. К сожалению, нет единого понимания механизма процесса модифицирования и оценки инокулирующей способности компонентов модификаторов вообще [2] и Insteel 7.0, в частности.

Цель данной работы – установить химико-минералогическую природу (состав) структурных составляющих (фаз) в исследуемом комплексном модификаторе.

Для идентификации фаз в модификаторе использовали сканирующий электронный микроскоп Carl Zeiss EVO 40, оснащенный SDD спектрометром INCA X-Act Oxford Instruments. Установлено, что в комплексном модификаторе Insteel 7.0 присутствует шесть фаз (рис). Все фазы, за исключением TiCN, представляют собой силициды Ca, Ti, Ba, Fe и редких металлов. Такое обилие фаз является, вероятно, следствием неравновесности процесса кристаллизации и наличием фазовых переходов при охлаждении.

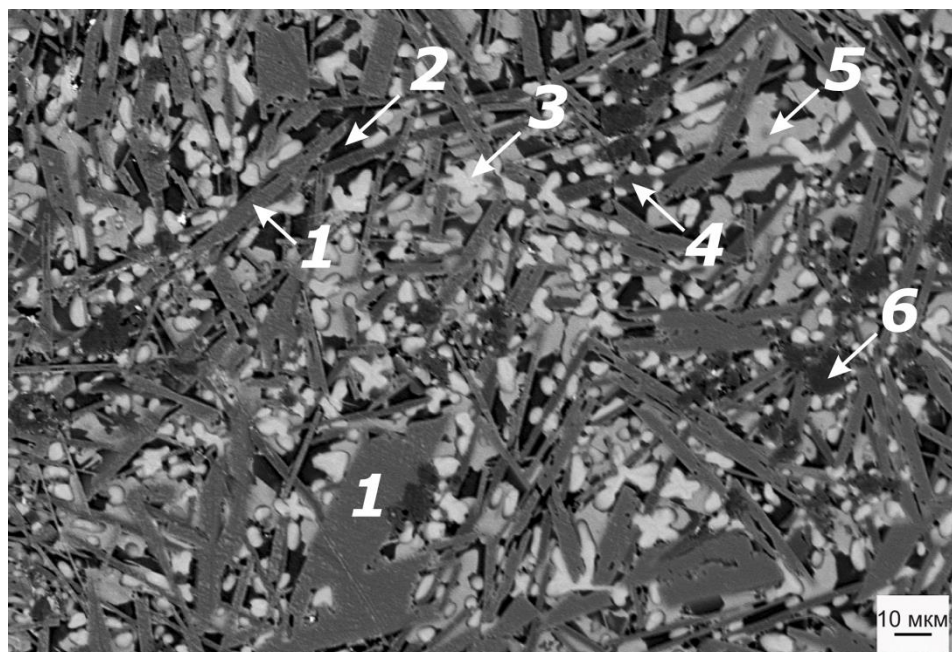


Рис. 1. Микроструктура (СЭМ) модификатора Insteel 7.0 .

1 - TiFeSi_2 ; 2 - CaSi_2 ; 3 - $\text{Ca}_{1-x}(\text{La,Ce})_x\text{Si}_2$; 4 - FeSi_2 ; 5 - фаза на основе BaSi_2 , содержащая примеси Al, Mg; 6 – TiCN

При вводе Insteel 7.0 в расплав стали Fe-Al (10-18 масс.% Al), следует ожидать инокулирующий эффект от фаз с высокой температурой плавления –TiCN (2500-3000°C). Кроме высокой температуры плавления частицы этой фазы

имеют высокое сродство к азоту и углероду. Поэтому, по нашему мнению, частицы TiCN могут выступать в качестве центров кристаллизации - инокуляторов. Присутствующие в модификаторе более легкоплавкие силициды облегчают растворение его компонентов за счет неограниченной растворимости кремния в жидком железе [3], т.е. облегчают эффект модифицирования сплавов.

Работа выполнена в рамках исполнения Государственного задания «Структурные, физико-химические и механические свойства алюминиевых и медных сплавов и композитов конструкционного и электротехнического назначения» (№ 0396-2015-0078) с использованием оборудования ЦКП «Урал-М».

1. Шуб Л.Г., Сб. докл. литейного консилиума №2 «Теория и практика металлургических процессов производства отливок из черных сплавов», 120-123 (2007).
2. Гольдштейн Я.Е., Мизин В.Г., Инокулирование Fe-C сплавов, М.: Металлургия (1993). 416с.
3. Диаграммы состояния двойных металлических систем. Справочник в 3 Т., под ред. Н.П. Лякишева, М.: Машиностроение (1996).

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА КОМПОЗИТОВ Cu/Mg

Калонов А.А.^{*}, Волков А.Ю.

Институт физики металлов УрО РАН им. М.Н. Михеева, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: azambek-k@mail.ru

STRUCTURE AND PROPERTIES OF Cu/Mg COMPOSITES

Kalonov A.A.^{*}, Volkov A.Yu.

M.N. Mikheev Institute of Metal Physics, Ural Branch of RAS, Yekaterinburg, Russia

The composite Cu/Mg conductors were obtained by hydroextrusion. The microstructure was studied, the strength properties, density and resistivity of Cu/Mg composites were measured. The results show that as the amount of magnesium fibers in the copper matrix increases, the conductivity remains at a high level. It has been established that an increase in the amount of magnesium fibers positively affects the strength properties of composites.

В современном мире более прочные и недорогие проводниковые материалы находят применение в различных отраслях электроники и промышленности. Медь является известным проводниковым материалом, поскольку имеет высокую проводимость и стойкость к коррозии, но имеет недостаточную прочность. Существует разные способы упрочнения меди: создание сплавов или композитов.

Известно, что при добавлении 1 % магния в медь, полученный сплав будет прочнее чистой меди в два раза. Однако, сплав Cu-1масс.% Mg имеет меньшую

проводимость и более низкую коррозионную стойкость. Поэтому мы сосредоточились на создании композита на основе Cu-Mg.

Целью работы являлось получение высокопрочных композитов на основе Cu-Mg, с последующим изучением микроструктуры, электрических и физико-химических свойств.

Композитный проводник Cu/Mg был получен методом гидроэкструзии. Для его формирования магниевый стержень диаметром \varnothing 14 мм помещался в медный контейнер \varnothing 20 мм, после чего эта заготовка подвергалась интенсивной пластической деформации до получения тонкой проволоки \varnothing 0,5 мм. Набор из 400 одноволоконных Cu/Mg-проволок снова помещался в медный контейнер, и процесс повторялся. Далее был получен композит, состоящий из медной матрицы и 400 волокон композита содержащего 400 волокон магния (Cu/400x400Mg).

В работе исследованы образцы композитных проволоки, в медной матрице которых содержится 1, 400 и $1,6 \times 10^5$ магниевых волокон. Проведено изучение микроструктуры, измерены прочностные свойства, плотность и удельное электросопротивление образцов Cu/Mg-композитов в различных состояниях: после ИПД ($\epsilon \sim 7,4$) методом гидроэкструзии, а также после различных термообработок. Показано, что механосплавления на Cu/Mg-интерфейсе в ходе гидроэкструзии не происходит. Отжиги приводят к формированию на границе раздела эвтектических растворов на основе интерметаллических соединений Cu_2Mg и Mg_2Cu , состав которых зависит от температуры обработки. Результаты расчетов удельных электросопротивлений и проводимостей материалов приведены в таблице 1.

Таблица 1. Удельное электросопротивление и проводимость композитов Cu/Mg

Количество магниевых волокон в композите Cu/Mg	Удельное электросопротивление, 10^{-8} Ом · м	IACS (международный стандарт проводимости относительно меди), %
1	2,47	74,04
400	1,93	94,74
$1,6 \cdot 10^5$	1,87	97,66

Результаты показывают, что при увеличении количества магниевых волокон в медной матрице, проводимость сохраняется на высоком уровне. Установлено, что увеличение количества магниевых волокон положительно влияют на прочностные свойства композитов. Разработка может быть использована для получения высокопрочных проводников.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФАНО России (тема "Давление") и при финансовой поддержке проекта УрО РАН №18-10-2-24.

ОСОБЕННОСТИ МЕХАНИЗМА АРМИРОВАНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ ФУНКЦИОНАЛИЗИРОВАННЫМИ УГЛЕРОДНЫМИ НАНОТРУБКАМИ.

Капустин С.Н.^{*}, Вошиков В.И., Цыкарев А.Н.

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова,
г. Архангельск, Россия

*E-mail: hare22@yandex.ru

FEATURES OF THE MECHANISM OF ARMING POLYMER COMPOSITES WITH FUNCTIONALISED CARBON NANOTUBES

Kapustin S.N.^{*}, Voshchikov V.I., Tsykarev A.N.

Northern Arctic Federal University, Arkhangelsk, Russia

The subject of the research is the influence of CNT functionalisation on composite durability. A suggestion has been made that a small degree of CNT functionalisation improves the composite's durability due to the destruction of agglomerates, and a high degree reduces the degree of interphase layer crystallinity around CNTs.

Углеродные нанотрубки активно внедряются в производство как функциональная добавка в композиты. Существуют модели описывающие механизмы упрочнения полимерной матрицы с УНТ [1, 2]. Однако на практике используются функционализированные УНТ, что позволяет добиться большей прочности композита. Встает вопрос о выборе типа функциональной группы и оптимальной степени функционализации УНТ. Для этого следует рассмотреть механизм влияния химической группы на прочность композита.

Приято считать, что степень функционализации имеет оптимум в области малых значений. Малая степень функционализации облегчает разрушение агломератов УНТ, создает ковалентные связи между УНТ и матрицей, но при большой степени прочность композита уменьшается из-за роста числа дефектов УНТ [3]. Это противоречит работе [4], где утверждается, что число дефектов при времени функционализации менее 2 часов мало, а в моделях [1,2] считается, что композит эффективно армируется межфазным слоем вокруг УНТ.

В качестве гипотезы мы предполагаем, что малая степень функционализации позволяет ф-УНТ позволяет устранить агломераты, которые являются центрами концентрации напряжений и уменьшают прочность композита. Большая же степень влияет на ориентацию полимерных цепочек в межфазном слое вокруг ф-УНТ, уменьшает степень кристалличности и делает межфазный слой менее прочным.

В представленной работе будет рассмотрено влияние типа функциональной группы (- COOH, - Br, - OH, - CONH₂) и количества пришитых групп на прочность композита. В таблице ниже приведена зависимость прочности композита (эпоксидная смола ЭД-20, отвердитель Этал-45м) от концентрации УНТ Та-

унит-М с привитыми группами CONH_2 . Наличие провала при концентрации 0.4% подтверждает механизмы, описанные в моделях [1,2], показывая переход от дисперсного армирования к волокнистому. Отсутствие провала в данных работы [3] вызвано, по-видимому, большим шагом изменения концентрации УНТ.

Зависимость прочностных свойств композита от концентрации ф-УНТ.

Концентрация УНТ, %	Прочность на разрыв, нормировано на контрольный образец
0	1
0.2	1.23
0.3	1.61
0.4	1.07
0.5	1.78
0.6	1.65

1. Микитаев А.К., Козлов В.Г., Журнал технической физики, № 10, с. 99-103. (2016)
2. Лурье С.А., Миронов Ю.М., Нелюб В.А., Бородулин А.С., Чуднов И.В., Буянов И.А., Соляев Ю.О., Машиностроение и компьютерные технологии, № 6, с. 4. (2012).
3. Рябов С.А., Захарычев Е.А., Семчиков Ю.Д., Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. № 2, с. 71-74 (2013).
4. Горский О.Ю., Разработка процесса функционализации углеродных нанотрубок в парах азотной кислоты и перекиси водорода, дисс. к.т.н., Тамбов, с. 95. (2014)

QUANTITATIVE CHARACTERIZATION OF THE IONIC MOBILITY AND CONCENTRATION IN LI-BATTERY CATHODES VIA LOW FREQUENCY ELECTROCHEMICAL STRAIN MICROSCOPY

Slautin B.N.^{1*}, Alikin D.O.^{1,2}, Romanyuk K.N.^{1,2}, Shur V.Ya.¹, Kholkin A.L.^{1,2}

¹⁾ Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

²⁾ University of Aveiro, Aveiro, Portugal

*E-mail: boris.slautin@urfu.ru

Modernization of power sources occurs today together with fast technological progress. One of the conditions for the power sources development is an increasing of the batteries and accumulators consumer characteristics. This task is an impossible without understanding of the local processes, occurring in the material during interca-

lation and deintercalation. Scanning probe microscopy (SPM) is successfully used for investigation of the local ionic mobility in the electrode materials through the several methods. One of the favorite method without complicated realization scheme is an electrochemical strain microscopy (ESM), where the local surface displacement appeared as result of external electric field application is analyzed by the lock-in amplifier technique. Displacement arises due to the changing of the lattice parameters with the ion concentration variation under the SPM tip (Vegard effect). The ESM spectroscopy approach based on the application of the AC and DC voltage to the SPM tip is usually qualitative due to complexity of process occurred during DC voltage application: electrostatic and electrostrictive tip-surface interaction, undesirable chemical reactions and phase transitions [1].

Here we introduce novel artefact-free quantitative approach for the determination of diffusion coefficients and ion concentration estimation with nanoscale resolution based on the ESM signal frequency dependence [2]. We considered theoretically in the system with ion blocking and electron non-blocking electrodes the evolution of ionic concentration profiles and derived the equation for the frequency dependence. The experimental curves measured by ESM spectroscopy in low frequency range (10-100 kHz) was found to be good approximated by theoretical equation and values of local diffusion coefficient $2.2 \times 10^{-9} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$ were closed to macroscopic values $\sim 10^{-9} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$ [3].

The diffusion coefficient and the ion concentration distribution revealed an existence of the three regions inside the LiMn_2O_4 particles: the interface region with a lower diffusion coefficient, the area with a maximal Li ion concentration close to the grain boundary interface and the interior of the grain depleted with Li ions (Fig. 1).

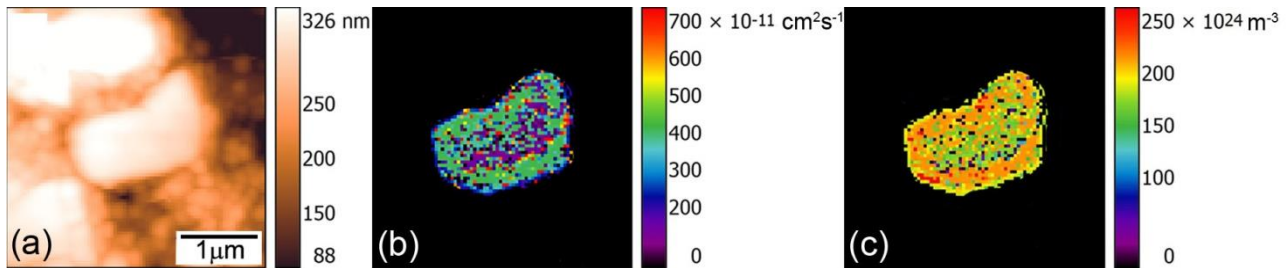


Fig. 1. Maps of the diffusion coefficient (b) and the ion concentration (c) along with the topography (a) in ionically active particles of LiMn_2O_4 cathodes.

The work was financially supported by Russian Science Foundation (Grant 17-72-10144). The equipment of the Ural Center for Shared Use “Modern nanotechnology” UrFU was used.

1. Alikin D.O., Ievlev A.V. et al, Appl. Phys. Lett., 108, 11, 113106 (2016).
2. Alikin D.O., Romanyuk K.N., et al., Nanoscale, (2017).
3. Garcia R.E., Chiang Y.-M., et al., J. Electrochem. Soc., 152, A255 (2005).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ГАЗОСТАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ СТРУКТУРЫ ОТЛИВОК ИЗ СПЕЦИАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ

Пронская А.Д.^{*}, Печенкина Л.С.

Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия

^{*}E-mail: pronskaia.anastasia@mail.ru

USING HIGH-TEMPERATURE GASOSTASTIC TREATMENT FOR IMPROVING THE STRUCTURE OF CASTINGS FROM SPECIAL STEELS

Pronskaya A.D.^{*}, Pechenkina L.S.

Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

The possibility of introducing high-temperature gas-static treatment into the production of castings from special steels by the method of investment casting was investigated.

Специальные стали и сплавы содержат большое количество легирующих элементов, некоторые из которых в условиях вакуума имеют значительный угар. И даже при использовании вакуумного возврата необходимо восполнять потери дорогостоящих легирующих компонентов, что несет большие экономические потери [1]. Метод залечивания глубоко залегающих пустот и пор в слитках с помощью горячего изостатического прессования (ГИП) – это процесс уплотнения или соединения материалов при высоких температурах и высоких всесторонних давлениях. ГИП стали широко использовать как метод удаления внутренних дефектов в материалах, полученных традиционными способами, например, литьем по выплавляемым моделям (ЛВМ), и особенно для залечивания пор в отливках. Основные преимущества ГИП: снижение пористости в отливках и залечивание усадочных раковин; улучшение механических свойств материала; уменьшение разброса свойств материала из-за выравнивания плотности отливок [2].

На базе Комплекса металлургического производства КБХА проанализировано внедрение высокотемпературной газостатической обработки (ВГО) отливок из коррозионностойкой стали ВНЛ – 1М, в основе которой лежат принципы процесса ГИП. Были обобщены сравнительные результаты рентгеноконтроля до и после ВГО отливок корпусов подвода, которые показали, что вследствие ВГО по установленным режимам в отливках частично или полностью залечиваются дефекты, результаты химического анализа свидетельствуют о соответствии указанных материалов требованиям нормативно – технической документации, металлографических исследований показывающих плотную макроструктуру отливок до и после ВГО и испытаний механических свойств материалов показывающих, что ВГО отливок не

изменяет их прочностных свойств, но улучшает пластические. Обнаруженные дефекты и результаты ВГО представлены на рис 1.

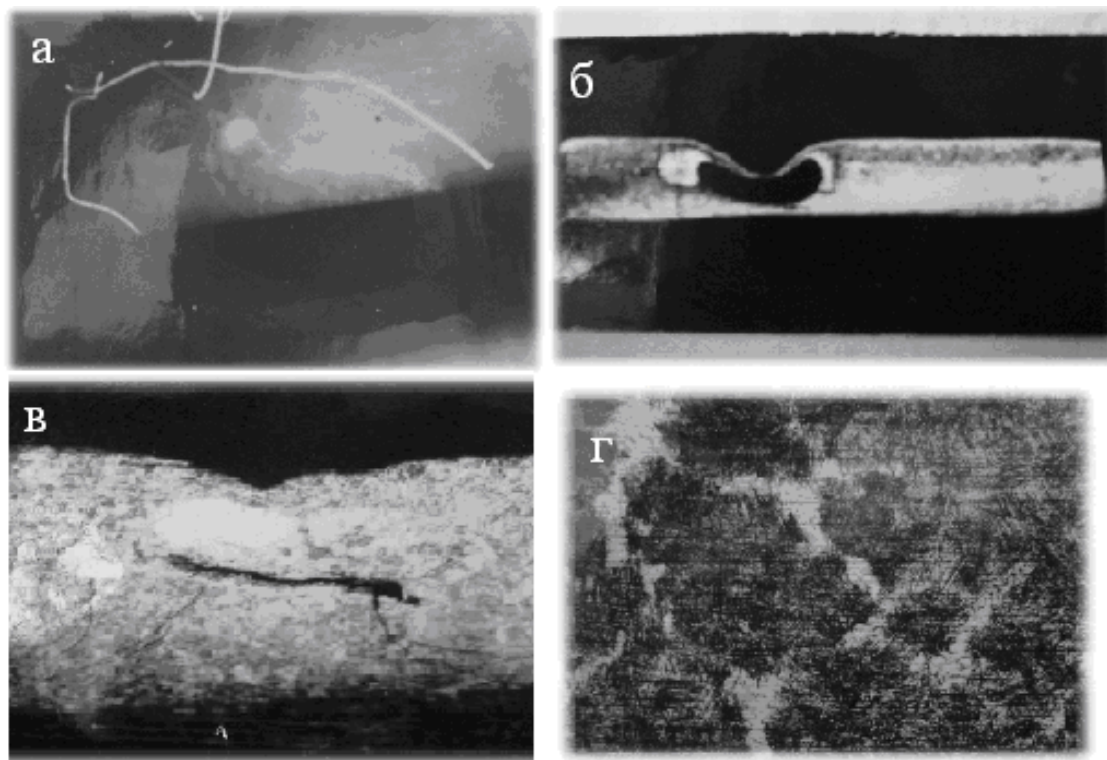


Рис.1 – Дефекты в отливках до и результаты после ВГО:

а – рыхлота и засор, б – незалеченная газовая раковина, в – незакрывшаяся раковина, г – бездефектная микроструктура

По результатам исследований можно подтвердить эффективность установленных технологических режимов ВГО отливок корпусов подвода. .

Применение ГИП повышает выход годного, устраняет пористости, ведущие к уменьшению опасности преждевременного разрушения; увеличивает механических свойства, позволяющие сократить периодичность контроля, брак и объем ремонтных работ, связанных с подповерхностными дефектами.

На основании вышеизложенного, можно рекомендовать внедрение ВГО либо в новые проектируемые, либо в действующие цеха ЛВМ из специальных сталей, совмещающая литейное производство и участки ВГО.

1. Джеймс П.Дж., Процессы изостатического прессования, М.: Металлургия (1990).
2. Оспенникова О.Г., Двигатель, № 1 (55), С. 8 – 10 (2008).

РАЗРАБОТКА БЫСТРОСЪЕМНОЙ КОМБИНИРОВАННОЙ РАДИАЦИОННОЙ И ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ ОБОРУДОВАНИЯ И СИСТЕМ АЭС

Попов С.А.^{*}, Ташлыков О.Л.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: popovs1803@gmail.com

THE QUICK-RELEASE COMBINED RADIATION SHIELDING AND HEAT INSULATION DEVELOPMENT FOR NPP'S EQUIPMENT AND SYSTEMS

Popov S.A.^{*}, Tashlykov O.L.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The construction of the quick-release combined radiation shielding and heat insulation for NPP's equipment and systems is considered. It is meant for decreasing absorbed doses by shortening of time periods in radiation fields.

Тепловая изоляция (ТИ) является неотъемлемым элементом теплоэнергетического оборудования, влияющим на надежность и экономичность АЭС.

Для обеспечения нормальных условий работы персонала радиоактивное оборудование и трубопроводы АЭС окружают защитой. Для периодических осмотров и ремонтов защиту и ТИ необходимо демонтировать, а затем восстанавливать, что требует значительных трудозатрат [1].

Уменьшить дозозатраты персонала можно снижением радиационного параметра, увеличением расстояния от оборудования до работника и уменьшением времени пребывания вблизи радиоактивного оборудования [2], [3].

Одним из путей уменьшения времени пребывания в радиационных полях является применение блочной съемной тепловой изоляции (БСТИ). Так, применение БСТИ позволило снизить коллективную дозу на Калининской АЭС в период с 2008 по 2010 на 23-30 чел·мЗв [4].

В докладе приводится описание и расчетное обоснование использования комбинированной БСТИ и радиационной защиты, выполненной в виде блоков, устанавливаемых на оборудование с помощью крепежных устройств, на наружную поверхность которых установлен радиационно-защитный экран.

В качестве защитного экрана предлагается материал Абрис, представляющий собой гомогенную композицию на основе полимерного связующего и наполнителя необходимой концентрации с учетом изотопного состава радиоактивного загрязнения.

Как показывают проведенные расчетные оценки, использование комбинированной БСТИ и радиационной защиты вместо обычной ТИ позволяет сократить коллективную дозу на 27-38% при монтаже и на 31-63% при демонтаже теплоизоляции [4].

1. Ташлыков О.Л. Ремонт оборудования атомных станций: Учеб. пособие для вузов / Под ред. С.Е.Щеклеина. Екатеринбург. Издательство УМЦ УПИ. 2003.
2. Ташлыков О.Л. Методы оценки и снижения дозовых нагрузок при ремонте АЭС: учеб. пособие. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2009.
3. Наумов А.А., Ташлыков О.Л. Известия вузов. Ядерная энергетика. №1. с. 80-88. (2010).
4. Таширева И.А., Ташлыков О.Л. Использование быстросъемной тепловой изоляции на АЭС // Труды второй научно-технической конференции молодых ученых Уральского энергетического института. Екатеринбург: ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина», 2017. с. 365-368.

МИКРОСТРУКТУРА И СВОЙСТВА МЕМБРАННЫХ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ V-Ti-Ni

Сипатов И.С.*, Сидоров Н.И., Пастухов Э.А., Востряков А.А.

ИМЕТ УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: ivan.sipatov@gmail.com

MICROSTRUCTURE AND PROPERTIES OF V-Ti-Ni MEMBRANE ALLOYS

Sipatov I.S.*, Sidorov N.I., Pastukhov E.A., Vostryakov A.A.

IMET UB RAS, Ekaterinburg, Russia

Alloys based on vanadium having bcc structure are considered as an alternative to palladium membrane alloys for hydrogen filtering. The advantages of vanadium alloys are relatively high hydrogen permeability and low prime cost. Both bulk and surface characteristics of the membrane alloys influence on filtering efficiency. The alloys of V-Ti-Ni system were investigated by means of XRD, SEM, XPS and hydrogen permeability techniques.

Проблема создания сплавов, не содержащих палладия, для фильтрации водорода по-прежнему актуальна [1]. Ванадий, как и ниобий и тантал, обладают высокими значениями водородопроницаемости [2], которая определяется скоростью диффузии водорода и его растворимостью в решетке металла. Избыточная растворимость водорода в указанных выше металлах приводит к необходимости поиска легирующих добавок для достижения баланса между параметрами [3], определяющими значение водородопроницаемости, и обеспечения долговечности мембранных сплавов.

В настоящей работе исследовались сплавы 53V-26Ti-21Ni, 52V-24Ti-24Ni, 53V-21Ti-26Ni (вес.%). Отличительной особенностью работы является то обстоятельство, что проницаемость водорода была измерена для сплавов без палладиевого покрытия. Впервые проведено исследование поверхности сплавов методом рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии перед испытаниями в

среде водорода. А после анализа микроструктуры методами рентгеновской дифракции и сканирующей электронной микроскопии и для определения влияния их микроструктуры на растворимость водорода проведены измерения линейного термического расширения сплавов в инертной и водородосодержащей средах.

Отсутствие палладиевого покрытия позволило исследовать проницаемость водорода при температурах выше 673 К, так как структура сплавов остается стабильной. В ходе работы установлено, что водородопроницаемость сплавов находится на уровне чистого палладия. Также определено, что на поглощение водорода сплавами системы V-Ti-Ni существенное влияние оказывает даже малое (2-5 вес. %) изменение содержания титана.

Работа выполнена в рамках Государственного задания ИМЕТ УрО РАН по теме № 0396-2015-0079. Работа выполнена с использованием оборудования ЦКП “Урал-М”.

1. Сипатов И. С., Сидоров Н. И. и др., Мембраны и мембранные технологии. 7, 1–7 (2017).
2. Sipatov I.S., Sidorov N.I., et al., Proceedings of XX Mendeleev congress on general and applied chemistry. Vol. 3. LLC GLime, p. 360, (2016).
3. Sipatov I., Sidorov N., et al., AIP Conf. Proc., 1767, 20031-1-6 (2016).

КЕРАМИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ, АРМИРОВАННЫЙ УГЛЕРОДНЫМИ НАНОТРУБКАМИ

Кудрявцев М.Д., Чернецкий И.В., Симонов М.Ю., Карташов В.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России

Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: mkskudr@gmail.com

ZIRCONIA CERAMIC MATERIAL REINFORCED WITH CARBON NANOTUBES

Kudryavtcev M.D., Chernetskiy I.V., Simonov M.Y., Kartashov V.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Zirconia ceramic composites, reinforced with carbon nanotubes, are consolidated by hot pressing method. The resulting material has enhanced mechanical properties, such as ultimate strength, compared to composites without CNT additions.

Добавка углеродных нанотрубок (УНТ) в качестве армирующего компонента керамических композиционных материалов, полученных методом горячего прессования, позволяет значительно повысить их физико-механические свойства, в первую очередь, прочность и трещиностойкость.

Исходный порошок диоксида циркония получен методом обратного осаждения гидроксидов $ZrO(OH)_2$ – $Y(OH)_3$. Многостенные углеродные нанотрубки, использованные в работе, произведены фирмой «НаноТехЦентр», г. Тамбов.

Для получения однородной смеси порошков диоксида циркония и УНТ, исходный порошок диоксида циркония смешивали в необходимых соотношениях с порошком углеродных нанотрубок с помощью планетарной мельницы «Пульверизетте 5» в барабанах из диоксида циркония в этиловом спирте. Полученную суспензию высушивали при температуре 180°C в течение 8 ч до постоянной массы.

Высокотемпературное горячее прессование проводили на установке УГП-2 в графитовой пресс-форме при температуре 1500°C и давлении 22,4 МПа в вакууме.

После компактирования методом горячего прессования получены образцы композиционных материалов «диоксид циркония – УНТ» с содержанием добавки УНТ до 1,5 масс. %. Прочностные характеристики керамических композитов определяли методом трехточечного изгиба с помощью испытательной машины Instron 3382.

Согласно полученным результатам, добавка УНТ значительно увеличивает прочность материала. Значения прочности образцов с добавкой 1 масс. % УНТ превышают значения прочности образца материала без добавки УНТ на 30 %. Добавка УНТ также привела к увеличению плотности образцов на 2-3 %, в сравнении с образцами без добавления УНТ.

STRUCTURE AND PROPERTIES OF TI-NB ALLOYS FABRICATED BY SUCTION CASTING

Thoemmes A.^{1*}

¹⁾ Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia

*E-mail: alexander.thoemmes@outlook.de

Ti-Nb alloys were fabricated by suction casting. The microstructure of alloys was characterized by optical microscopy and scanning electron microscopy. The content of Nb varied in the range 25-35 mass % leading to significant changes in microhardness.

Ti-based alloys, and especially Ti-6Al-4V, are widely used in aerospace, automotive or sporting goods. Up to now Ti-6Al-4V alloy is widely used in biomedicine. However, due to potential toxicity of Al and V a new generation of Ti alloys with Nb or Ta is under particular review [1]. β -Ti alloys have attracted attention in medicine due to their perfect corrosion resistance, high strength to weight ratio and high biocompatibility.

In this study, the binary Ti-Nb alloys with Nb content from 25 to 35 mass % (hereafter “mass %” will be referred to as %) were prepared from commercially pure

(c.p.) Ti and Nb. The materials were weighted according to the nominal composition. The materials were synthesized in a BUEHLER arc furnace in an argon atmosphere. A titanium ingot was used as an oxygen getter and was melted prior to each melting procedure. Considering the big difference in density (Ti: 4.5 g/cm³; Nb: 8.57 g/cm³) and melting point (Ti: 1941 K; Nb: 2750 K) of the initial elements the alloys were remelted 16 times and flipped 7 times (after each second remelting). The weight loss of the samples during melting was evaluated by weighing the initial materials and the samples after melting. The microstructures were examined using an optical microscope (Carl Zeiss Axio Observer Z1m). Scanning electron microscopy (SEM) was conducted using a Carl Zeiss EVO 50 in back scattered electron (BSE) mode. The elemental composition was checked by Oxford Instruments X-Act energy dispersive X-ray spectrometer (EDX) coupled with SEM. The hardness measurements, an average of 30 readings, were carried out using a WOLPERT Group 402 MVD Vickers hardness tester under a load of 50 g and a dwell time of 10 s.

The weight loss of the samples was found to be between 0.01 and 0.56 % which indicates that the composition of the suction casted alloys was close to the nominal composition. The optical and scanning electron micrographs of rapidly solidified alloys exhibited a dendritic morphology. The maximal microhardness of 340 HV_{0.05} was achieved in the sample with a nominal composition of 27.5 % Nb. It is assumed that the high cooling rate during suction casting led to the formation of metastable β phases.

1. M. Niinomi, Recent metallic materials for biomedical applications, Metall and Mat Trans A 33, 486 (2002)

ТВЕРДООКСИДНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ ЭЛЕКТРОЛИТЫ НА ОСНОВЕ ИНДАТОВ БАРИЯ РАЗЛИЧНОГО СОСТАВА

Матвеев Е.С.^{*}, Орлова К.А., Христова М.О., Алябышева И.В., Кочетова Н.А

Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: Egor.Matveev@urfu.ru

SOLID OXIDE COMPOSITE ELECTROLYTES BASED ON DIFFERENT BARIUM INDATES

Matveev E.S.^{*}, Orlova K.A., Christova M.O., Alyabisheva I.V., Kochetova N.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The $(1-x)\text{Ba}_2\text{In}_2\text{O}_5 \cdot x\text{Ba}_4\text{In}_6\text{O}_{13}$ ($x=0.1, 0.2, 0.3$) composite electrolytes with proton conductivity were studied. It is shown that the addition of a heterogeneous dopant promotes to the improvement of electrical properties.

Сложнооксидные электролиты с протонной проводимостью вызывают как фундаментальный, так и прикладной интерес. Задачей исследователей является поиск материалов, обладающих рядом функциональных характеристик: высокими и воспроизводимыми значениями протонной проводимости, механической, термической и химической стабильностью. Перспективным подходом к улучшению свойств сложных оксидов является гетерогенное допирование, то есть создание композитов.

Интересным объектом исследования является кислородно-протонный проводник состава $\text{Ba}_2\text{In}_2\text{O}_5$. Ранее было показано, что в эвтектической системе $\text{Ba}_2\text{In}_2\text{O}_5$ – $\text{Ba}_2\text{InTaO}_6$ наблюдается значимый рост электропроводности, обусловленный композиционным эффектом [1]. Из диаграммы состояния BaO – In_2O_3 следует, что фазы $\text{Ba}_2\text{In}_2\text{O}_5$ и $\text{Ba}_4\text{In}_6\text{O}_{13}$ также образуют эвтектическую систему ($T_{\text{эвт}}=1375^\circ\text{C}$), а потому гетерогенные образцы на их основе представляют интерес для исследования.

Целью работы стало создание композитов $(1-x)\text{Ba}_2\text{In}_2\text{O}_5 \cdot x\text{Ba}_4\text{In}_6\text{O}_{13}$ и исследование их функциональных характеристик.

Композиты с 10–30 мол.% $\text{Ba}_4\text{In}_6\text{O}_{13}$ были получены методом *in situ* в интервале 900 – 1200°C с дополнительной обработкой компактированных образцов при температурах ниже и выше $T_{\text{эвт}}$. Фазовый состав был подтвержден методом рентгенофазового анализа (D8 Advance, Bruker, Германия).

Согласно результатам термогравиметрического анализа (NETZSCH, STA 409 PC Luxx, Германия), образцы сохраняют способность к поглощению паров воды из газовой фазы в количествах пропорциональных содержанию $\text{Ba}_2\text{In}_2\text{O}_5$.

Электрические свойства были исследованы методом импедансной спектроскопии (Elins Z-1000P, ООО «Элинс», Россия) при 1 – 10^6 Гц в интервале 200 – 950°C в сухой ($p\text{H}_2\text{O}=3 \cdot 10^{-5}$ атм.) и влажной ($p\text{H}_2\text{O}=2 \cdot 10^{-2}$ атм.) атмосферах. Установлено, что введение добавки $\text{Ba}_4\text{In}_6\text{O}_{13}$ способствует смещению скачка электропроводности, сопровождающего структурный переход типа «порядок-беспорядок» для фазы $\text{Ba}_2\text{In}_2\text{O}_5$, в низкотемпературную область ($\sim 800^\circ\text{C}$). Композиционные образцы показывают увеличение общей электропроводности как в сухой, так и во влажной атмосферах в сравнении с основной фазой $\text{Ba}_2\text{In}_2\text{O}_5$. Максимальное увеличение электропроводности ($\sim 1/4$ порядка) достигается для композита с 30 мол.% добавки.

Таким образом, исследование композиционных образцов на основе эвтектической системы $\text{Ba}_2\text{In}_2\text{O}_5$ – $\text{Ba}_4\text{In}_6\text{O}_{13}$ показало перспективность метода гетерогенного допирования для получения материалов с улучшенными функциональными характеристиками, которые имеют перспективы использования в электрохимических устройствах.

1. Kochetova N.A., Alyabisheva I.V. et al., Solid State Ionics, 306, 118 (2017).

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА БОРСОДЕРЖАЩИХ ПОКРЫТИЙ, СФОРМИРОВАННЫХ МЕТОДОМ ВНЕВАКУУМНОЙ ЭЛЕКТРОННО- ЛУЧЕВОЙ НАПЛАВКИ

Бушуева Е.Г.*, Плотников Г.О., Батаев В.А.

Новосибирский государственный технический университет г. Новосибирск, Россия

*E-mail: dusias@mail.ru

STRUCTURE AND PROPERTIES OF BORON COATINGS FORMED BY ELECTRO-BEAM CLADDING

Bushueva E.G., Plotnikov G.O., Bataev V.A.

Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia

In this paper, the structure and mechanical properties of boron coatings formed on the austenitic steel surface were studied. The coating technology of electron beam cladding was chosen. This method is due to formation of durable and non-defect coatings based on refractory elements with high adhesion to the base material. Boron was used as an element of the tribotechnical properties of coatings, which significantly raised the mechanical properties complex.

Одним из эффективных методов поверхностного упрочнения материала является вневакуумная электронно-лучевая обработка, направленная на формирование покрытия, обладающего высоким комплексом механических свойств [1]. Выбор данного метода связан с тем, что он позволяет сформировать прочные, бездефектные покрытия на основе тугоплавких элементов с высокой адгезией к материалу основы. В качестве элемента значительно повышающего комплекс триботехнических свойств покрытий использовали бор. Стойкость борированных слоев, нанесенных по отработанным технологическим режимам, соизмерима с износостойкостью твердых сплавов [2]. Металлографические исследования показали, что в процессе вневакуумной электронно-лучевой наплавки формируются покрытия толщиной ~2,5 мм, не имеющие трещин и крупных пор, которые могли бы повлиять на механические свойства. Покрытия обладают сложной градиентной структурой, в составе которой можно выделить три основных зоны: зона покрытия, переходная зона и основной материал. В покрытии наблюдаются бориды железа различной геометрической формы, плотность которых уменьшается при удалении от поверхности вглубь основного материала.

Между боридами располагается эвтектика, состоящая предположительно из твердого раствора никеля в железе и боридов (карбоборидов) хрома. Измерения микротвердости показали, что уровень микротвердости покрытия достигает ~ 1600 HV, что значительно превышает микротвердость основного материала (~200 HV). Результаты оценки износостойкости покрытия в условиях трения о закрепленные частицы абразива свидетельствуют об увеличении износостойкости материала с покрытием в 5 раз. Это объясняется высокой объемной долей фазовых включений в виде твердых боридов в структуре покрытия. Вязкая матрица удерживает распределенные в ней твердые частицы боридов, что обеспечивает высокое сопро-

тивление изнашиванию в условиях трения. Таким образом, вневакуумная электронно-лучевая наплавка бора на стальную основу позволяет получить покрытия с улучшенными механическими характеристиками, такими как твердость и износостойкость.

1. Yushkov, Y. G., Tyunkov, A. V., Oks, E. M., & Zolotukhin, D. B. Journal of Applied Physics, 120(23), 233302. (2016).
2. Zolotukhin, Denis, Andrey Tyunkov, and Yury Yushkov. AIP Conference Proceedings. Vol. 1899. No. 1. AIP Publishing, (2017).

НАНОКОМПОЗИТ НА ОСНОВЕ НАНОЧАСТИЦ СУЛЬФИДА КАДМИЯ В КРЕМНИЙ-ОКСИДНОЙ МАТРИЦЕ

Кузнецова Ю.В.^{1*}, Дорошева И.Б.^{1,2}, Ремпель С.В.^{1,2}

¹⁾ Институт химии твердого тела Уральского отделения РАН,
г. Екатеринбург, Россия

²⁾ Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: jukuznetsova@mail.ru

NANOCOMPOSITE BASED ON CADMIUM SULFIDE NANOPARTICLES WITHIN SILICON OXIDE MATRIX

Kuznetsova Yu.V.^{1*}, Dorosheva I.B.^{1,2}, Rempel S.V.^{1,2}

¹⁾ Institute of Solid State Chemistry, of RAS (Ural Branch), Yekaterinburg, Russia

²⁾ Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The present work is devoted to synthesizing the CdS nanoparticles within a dielectric matrix based on “liquid glass” with minimum average diameter about 3.8 nm and intense luminescence in visible range.

Композиты на основе полупроводниковых наночастиц сульфида кадмия (CdS) в диэлектрической матрице привлекают большое внимание исследователей как перспективные материалы в оптической коммуникации и передаче сигналов, в качестве люминесцентных солнечных концентраторов, светофильтров и активных сред для твердотельных лазеров.

В данной работе проведен синтез нанокompозита золь-гель методом при комнатной температуре с использованием простой по составу модельной диэлектрической матрицы. В качестве модельной матрицы впервые использовали жидкое стекло - водный щелочной раствор силикатов натрия $\text{Na}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n$ и (или) калия $\text{K}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n$. Выбор жидкого стекла в качестве матрицы обусловлен рядом причин. Во-первых, матрица является простой по составу, а также позволяет проводить синтез при комнатной температуре. Во-вторых, жидкое стекло является альтернативой желатине, часто используемой для синтеза полупровод-

никовых наночастиц, которая, однако, быстро теряет свои свойства в связи со старением - образцы мутнеют и растрескиваются. Синтезированные образцы представляют собой пленки и объемные объекты желтого и желто-зеленого цвета, прозрачные и не подвергаются старению в течение длительного времени (до трех месяцев). Полученные образцы аттестованы методами оптической и люминесцентной спектроскопии в УФ, видимой и ближней ИК областях спектра. Резкий рост оптического поглощения с увеличением энергии падающего излучения в области 500 нм обусловлен формированием наночастиц CdS в матрице жидкого стекла. На спектрах отсутствуют пики, которые можно отнести к вкладу других фазовых компонентов, входящих в состав нанокompозита. По спектрам оптического поглощения вычислены значения ширины запрещенной зоны E_g для исследуемых образцов, которые превышают значения для крупнокристаллического CdS и варьируются в пределах 2.51...2.86 эВ в зависимости от условий синтеза. Также оценен средний размер образовавшихся в диэлектрической матрице полупроводниковых частиц CdS, который изменяется в пределах 3.8...8.4 нм в зависимости от условий синтеза. Спектры люминесценции всех образцов при возбуждении излучением с длиной волны $\lambda_{ex}=380$ нм представляют собой широкие линии в области длин волн от 400 до 1100 нм, интенсивность и положение которых зависит от условий синтеза нанокompозита.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (№ 17-03-01024 А).

СФЕРУЛЫ ИЗ ГРЯЗЕВОГО ОСАДКА: СОСТАВ И ПРОИСХОЖДЕНИЕ

Даниленко И.А.^{*1}, Петрова Е.В.¹, Яковлев Г.А.¹, Баглаева Е.М.², Селезнев А.А.²

¹) Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

²) Институт промышленной экологии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: ira.dnl2014@gmail.com

SPHERULES FROM FALLOUT: STRUCTURE AND DERIVATION

Danilenko I.A.^{*1}, Petrova E.V.¹, Yakovlev G.A.¹, Baglaeva E.M.², Seleznev A.A.²

¹) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

²) Institute of Industrial Ecology, Ural Branch, Russian Academy of Science, Yekaterinburg, Russia

We studied the structure of the spherules from fallout using optical and electron microscopy.

Во время падения метеорных тел на Землю в результате взаимодействия с атмосферой, метеоритное вещество на поверхности нагревается и испаряется, в результате чего в атмосфере остаются частицы вещества внеземного происхож-

дения, сферулы абляции, пыль и т.д., которые затем оседают на поверхность Земли [1, 2]. Целью настоящей работы было проверить, присутствуют ли быть частицы внеземного происхождения в грязевом осадке города Екатеринбурга?

В настоящей работе в качестве объектов исследования были взяты частицы, полученные путем отбора снега в городе Екатеринбурга в зимний период и отбора проб грунтов и почв города Екатеринбурга в летний период. Для гранулометрических фракций 0,1-0,25 мм и 0,25-1 мм для проб из снега и почвогрунтов методом визуальной диагностики были выделены сферулы, как предполагалось техногенного или метеоритного происхождения.

Исследования извлеченных сферул были проведены с помощью оптического инвертированного микроскопа Carl Zeiss Axiovert 40 MAT и электронного микроскопа CARL ZEISS SIGMA VP. Химический состав был определен при помощи приставки EDS X-MAX.

Для изучения диаметральных сечений микросферул исследуемые частицы были залиты в эпоксидную смолу и изготовлены шлифы. Для этого тонкий слой эпоксидной смолы был нанесен на матовую поверхность предметного стекла, затем, в не отвердевшую смолу были помещены исследуемые частицы. Сверху был нанесен покрывающий слой эпоксидной смолы. После отверждения смолы, была выполнена шлифовка образцов на наждачной бумаге с размером абразива – 1000 мкм до получения близких к диаметральным, срезов. Последующая полировка шлифов образцов была произведена на алмазных пастах с абразивами 3,5; 2,5; 1,5 и 0,5 мкм.

По результатам исследования структуры и химического состава сферул было определено, что среди изученных образцов оказалась одна сферула, содержащая металлическое включение, предположительно метеоритного происхождения. В состав металла входит Fe, Ni и S. Для установления природы остальных образцов требуются дополнительные исследования.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (базовое финансирование по проекту № 5.3451/4.6) и Правительства Российской Федерации, Акт 211, Соглашение № 02.A03.21.0006, образцы для исследований получены в рамках проекта РФФИ № 16-35- 60044 мол_a_дк.

1. Andrew G. Tomkins, et al. Ancient micrometeorites suggestive of an oxygen-rich Archaean upper atmosphere. Nature 533, 235–238 (2016).
2. Matthew J. Genge, et al. The mineralogy and petrology of I-type cosmic spherules: Implications for their sources, origins and identification in sedimentary rocks. Geochimica et Cosmochimica Acta 218, 167-200 (2017).

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ КРИОГЕННОГО СПЛАВА Fe-Ni, СОДЕРЖАЩЕГО НОВЫЕ ФАЗЫ

Жихарева И.Г., Денисенко Д.В.^{*}, Шмидт В.В., Смирнова Н.В.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

^{*}E-mail: ardiasardias@gmail.com

FEATURES OF STRUCTURE OF THE CRYOGENIC ALLOY FE-NI CONTAINING NEW PHASES

Zhikhareva I.G., Denisenko D.V., Shmidt V.V., Smirnova N.V.

Tyumen industrial University, Tyumen, Russia

A high-frequency alternating current from aqueous solutions of metal salts was used to coat a Fe-Ni alloy containing new phases, hexagonal close-packed ε – Fe and intermetallide $FeNi_3$. The coating has unique properties: high density ($\rho = 10,24 g/cm^3$) microhardness ($HV = 1600 MPa$) and cold resistance - the lower limit of the operating temperature range is $-90^\circ C$. New material is recommended for the protection of oil production equipment in the Arctic.

В настоящее время в связи с разработкой газонефтяных месторождений в условиях Арктики возникла потребность в разработке новых материалов с новыми фазами, и как следствие, с новыми эксплуатационными свойствами. Такие материалы должны обладать высокой хладостойкостью, коррозионной стойкостью в морской воде и малой хладноломкостью, вызванной низкими температурами. Современные материалы отвечают этим требованиям лишь частично. Криогенные стали очень дороги, а углеродистые стали хрупки.

В последние годы появились сведения о новых сталях, содержащих новую гексагональную фазу ε – Fe образующуюся лишь при экстремальных условиях в результате фазового перехода феррита (ОЦК фаза α – Fe) в гексагональную плотноупакованную фазу (ГПУ) ε – Fe. Железо и сплавы на его основе, содержащие эpsilon-фазу, обладают уникальными свойствами: чрезвычайной твердостью, электропроводностью, хладостойкостью. К сожалению, известные методы получения экзотической фазы не позволяют сохранить её при нормальных условиях.

Ранее нами были получены сплавы $Fe-Ni$, $Fe-Ni-Cr$, с устойчивой фазой ε – Fe при нормальных условиях ($P = 0.1 MPa$, $T = 298 K$), из водных растворов простых солей металлов с помощью высокочастотного переменного тока (ВПТ).

Целью данной работы является получение и изучение структуры покрытий сплавом $Fe-Ni$ с новыми фазами при нормальных условиях.

С помощью рентгеноструктурного метода анализа были определены фазовый качественный и количественный состав, параметры кристаллической решетки и плотность фаз. Анализ полученных рентгенограмм показал, что покры-

тие сплавом $Fe-Ni$, содержит кроме обычного феррита (фаза $\alpha-Fe$), две новые фазы (фаза эpsilon железа и интерметаллида $FeNi_3$).

Присутствие $\varepsilon-Fe$ способствует значительному повышению плотности $\rho = 10,24 \text{ g/cm}^3$ и, как следствие, повышению твердости. Свой вклад в увеличение твердости покрытия $Fe-Ni$ вносит и повышенная плотность интерметаллида $FeNi_3$ ($\rho = 8,644 \text{ g/cm}^3$ против $7,874 \text{ g/cm}^3$ у $\alpha-Fe$).

Эpsilon-фаза обладает высокой хладостойкостью, что позволяет достичь нижнего предела рабочей температуры до -90°C . Всё вышесказанное позволяет рекомендовать криогенное покрытие $Fe-Ni$, ($\varepsilon-Fe$ и $FeNi_3$) для защиты газонефтедобывающего оборудования в условиях Арктики.

ИССЛЕДОВАНИЕ КАВИТАЦИОННОГО И ЭЛЕКТРОКОРРОЗИОННОГО РАЗРУШЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ ГРЕБНЫХ ВИНТОВ И ВАЛОВ В ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ СРЕДАХ

Есеев М.К.^{1,2}, Гошев А.А.^{1*}, Капустин С.Н.¹

¹⁾ Северный Арктический федеральный университет имени М.В. Ломоносова,
г. Архангельск, Россия

²⁾ Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики
имени академика Н.П. Лаверова РАН, г. Архангельск, Россия

*E-mail: agoshev@hotmail.com

INVESTIGATION OF CAVITATION AND ELECTROCORROSIVE DESTRUCTION OF MATERIALS FOR SCREW SCREWS AND SHAFTS IN HYDRODYNAMIC MEDIA

Eseev M.K.^{1,2}, Goshev A.A.^{1*}, Kapustin S.N.¹

¹⁾ Ural Federal University, Arkhangelsk, Russia

²⁾ Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research RAS, Arkhangelsk, Russia

This report is devoted to the study of nucleation and evolution of defects on the bronze surface by means of cavitation and electrochemical corrosion. The studies were carried out using electronic and scanning probe microscopy.

Кавитационное воздействие и электрокоррозия являются одними из основных причин разрушения элементов гребных винтов морских судов. Кавитационное воздействие - это случайный микроударный процесс на поверхности, образующийся после схлопывания кавитационных пузырьков. В результате этого воздействия происходит интенсивное разрушение поверхности [1-3]. Для описания процесса разрушения и разработки протекторных методов необходимо детальное исследование динамики возникновения и эволюции дефектов на на-

ноуровне. Именно эта стадия является наименее изученной с точки зрения механизма кавитационного воздействия.

В работе приводятся результаты исследования дефектов на бронзе при воздействии, как кавитации, так и электрохимической коррозии. Для количественной характеристики морфологических изменений поверхности была использована атомно-силовая микроскопия (см. Рис 1) с расчетом параметров шероховатости с сопоставлением с результатами электронной микроскопии, аналогично подходу [4]. Кавитационные эффекты имитировались путём ультразвукового диспергирования, а электрохимическая коррозия проходила в воде с концентрацией соли $C_{NaCl} = 3\%$.

Полученные результаты зависимости шероховатости поверхности от времени кавитации/электрохимической коррозии позволяют сделать выводы о свойствах межкуристаллической структуры, эволюции дефектов, образовании новых микрополостей и каверн и возможных методах борьбы с ними.

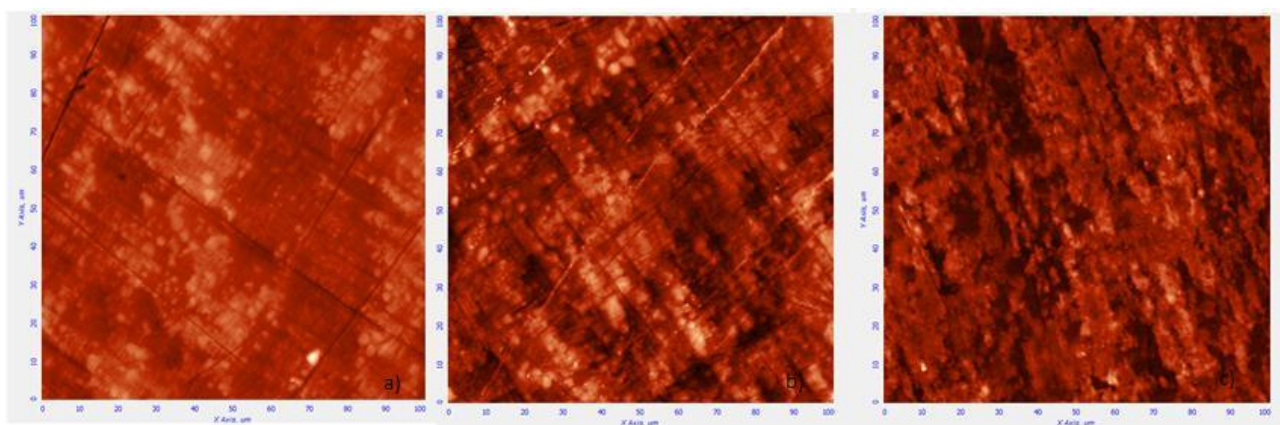


Рис. 1. Разрушение образца бронзы посредством кавитации в течении 0, 2, 12 часов соответственно.

1. Георгиевская Е.П. Кавитационная эрозия гребных винтов и методы борьбы с ней. Л.: Судостроение (1978).
2. Buravova S.N., Technical Physics. The Russian Journal of Applied Physics, 43 (9), 1107 (1998).
3. Prikhod'ko V.M., Aleksandrov V.A., Fatyukhin D.S., Petrova L.G., Metal Science and Heat Treatment. 2015. T. 57. № 5-6. С. 300-303.
4. Horodek P., Eseev M.K., Kobets A.G., Nukleonika, 60, 721 (2015).

СРАВНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК МНОГОСЛОЙНОЙ И ГОМОГЕННОЙ РАДИАЦИОННЫХ ЗАЩИТ

Шершнева С.Н.*, Михайлова А.Ф., Ташлыков О.Л.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России

Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: sem.scherschnev2013@yandex.ru

COMPARISON OF CHARACTERISTICS OF MULTI-LAYERED AND HOMOGENEOUS RADIATION PROTECTION

Shershnev S. N.*, Mikhaylova A. F., Tashlykov O. L.

Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

The report contains a comparative analysis of radiation protection consists of several layers of different materials and homogeneous radiation shielding materials the same part of the core material and thickness. Calculated multiplicity of weakening and cost of radiation shielding materials. During the work were applied to the calculation of Monte-Carlo. The results of calculations recommendations for the optimization of radiation shielding materials.

Для проведения исследований по оптимизации радиационной защиты за основу взяты результаты, полученные ранее [1]. В качестве многослойной защиты выбраны материалы: Абрис, полиэтилен, свинец, белый чугун.

Целью работы является проведение сравнительного анализа эффективности радиационной защиты, состоящей из нескольких слоев различных материалов различного чередования и аналогичных по составу однородных РЗМ.

J.G. Fantidis в своей работе определял наиболее эффективную защиту от нейтронного и гамма излучений среди материалов Hd-Poly, Poly-B, Poly-Li, $Zr(BH_4)_4$, TiH_2 и $Mg(BH_4)_2$. В итоге выбрана наиболее эффективная защита из $Mg(BH_4)_2$ [2].

Jeong Dong Kim, Sangjoon Anh, Yong Deok Lee и Chang Je Park изучали различные компоновки РЗМ, определяли наиболее эффективное расположение защитных материалов совместно с бетоном [3].

В зависимости от условия выполнения работ можно подобрать оптимальную защиту [1].

Проведённый расчётный анализ и обзор публикаций по данному вопросу, даёт почву для проведения дальнейших исследований в этой области. В ряде случаев использование определённого сочетания слоёв разных РЗМ экономически более выгодно, чем использование одного вида однородного РЗМ и это обеспечивает экономию материалов.

1. Шершнева С. Н., Михайлова А. Ф., Ташлыков О. Л. Сравнительный анализ многослойной и однородной радиационных защит // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии:

материалы Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием. Екатеринбург: УрФУ, 2016. С. 479-482

2. J.G. Fantidis The comparison between simple and advanced shielding materials for the shield of portable neutron sources//Department of Electrical Engineering, Eastern Macedonia and Thrace Institute of Technology, Greece//International Journal of Radiation Research, October 2015, Volume 13, No 4
3. Jeong Dong Kim, Sangjoon Anh, Yong Deok Lee и Chang Je Park Design optimization of radiation shielding structure for lead slowing-down spectrometer system//Nuclear Engineering Technology 47 (2015) 380-387

ПОЛУЧЕНИЕ И МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ ГЕКСАГОНАЛЬНОЙ ФАЗЫ ϵ -ЖЕЛЕЗА ДЛЯ КОНСТРУКЦИОННОГО СПЛАВА Fe-Ni

Смирнова Н.В., Жихарева И.Г., Шмидт В.В.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

*E-mail: pavona81@rambler.ru

OBTAINING AND MECHANISM OF FORMATION OF THE HEXAGONAL PHASE OF ϵ -IRON FOR THE DESIGN ALLOY OF Fe-Ni

Smirnova N.V., Zhikhareva I.G., Shmidt V.V.

Tyumen industrial University, Tyumen, Russia

The high-frequency alternating current (HFC) method was used to cover the Fe-Ni alloy from aqueous solutions of salts under normal conditions ($P = 0.1$ MPa, $T = 298$ K) containing a stable hexagonal close-packed phase (hcp) of ϵ -Fe. The mechanism of formation of this phase is justified. The exotic phase of epsilon-iron has a high density (10.5 g / cm^3), microhardness and corrosion resistance. These properties are important when creating structural materials.

В современной науке большое внимание уделяется материалам с новыми фазами и, соответственно, с новыми физико-механическими свойствами. Одним из самых известных подобных сплавов является железо и его сплавы, обладающие новой экзотической гексагональной плотноупакованной фазой (ГПУ) ϵ -Fe. Интерес к ней вызван ее уникальными свойствами: очень высокой твердостью, электропроводностью, особыми магнитными свойствами. Эпсилон-фаза получается как в естественных условиях (ядро Земли, осколки железных метеоритов), так и в лабораторных. Но во всех случаях эпсилон-фаза образуется только в результате фазового перехода α -Fe (ОЦК) в ϵ -Fe (ГПУ) при сверхкритических условиях: $P \geq 11,3$ ГПа, T до 5000 К.

К сожалению, использовать данный материал на практике пока невозможно, так как при ступенчатом снятии давления ϵ -Fe превращается в обычную фазу α -Fe (феррит).

Целью данной работы является получение покрытия сплавом Fe-Ni (> 80 масс. % Fe) методом высокочастотного переменного тока (ВПТ) с эксплуатационными свойствами, превосходящими высоколегированные конструкционные стали за счет появления новой наноструктурной фазы ϵ -Fe, а также обоснование механизма ее получения.

В двухфазной системе всегда является термодинамически устойчивой только фаза α -Fe. При равновесных условиях фаза ϵ -Fe не образуется, но при использовании метода ВПТ рентгенографически показано, что ГПУ-фаза появляется только в результате фазового перехода α -Fe \rightarrow ϵ -Fe.

Теоретические расчеты показали, что для железа возможно текстурное соответствие в высокоретикулярных плоскостях граней α -Fe (110) и ϵ -Fe (0001).

Рентгенографическое определение ориентации кристаллов железа и сплава Fe-Ni, осажденных методом высокочастотного переменного тока, подтвердило это предположение. При этом наблюдается ориентационное соответствие α -Fe (110) ϵ -Fe (0001).

При сопоставлении фазового состава железа, полученного методом ударной волны и методом ВПТ, установлено, что фаза ϵ -Fe в обоих случаях получается только в результате фазового перехода α -Fe \rightarrow ϵ -Fe: в методе ударной волны за счет высокого давления и формирования фазы ϵ -Fe в матрице решетки α -Fe. А в случае метода ВПТ - по ориентационному механизму за счет анодной составляющей и электромагнитных колебаний. Устойчивость фазы в гидростатических условиях обусловлена тем, что кристаллическая решетка ϵ -Fe (метод ВПТ), полученная в более легких условиях, чем в методе ударной волны.

Характерной особенностью гексагональной фазы является наличие наноструктуры, способствующей повышению микротвердости, плотности и коррозионно-защитных свойств.

КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА И СВОЙСТВА СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ В СИСТЕМЕ Ba–Pr–Fe–Co–O

Макарова А.Э.^{*}, Базуева М.В., Волкова Н.Е., Черепанов В.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: annymakarova23@gmail.com

CRYSTAL STRUCTURE AND PROPERTIES OF COMPLEX OXIDES OBTAINED IN THE SYSTEM Ba–Pr–Fe–Co–O

Makarova A.E.^{*}, Volkova N.E., Cherepanov V.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The complex oxides $Ba_{1-x}Pr_xFe_{1-y}Co_yO_{3-\delta}$ were synthesized using a glycerol-nitrate technology. The crystal structure of the all single-phase samples was identified as cubic (*Pm3m* space group). The values of oxygen content in the samples were determined using a high temperature thermogravimetric analysis and iodometric titration. Total conductivity and Seebeck coefficient of complex oxides were measured using a 4-probe technique as a function of oxygen partial pressure.

Сложные оксиды $AA'BO_3$ (где А – РЗЭ, А' – ЩЗЭ, В – 3d-металлы) обладают уникальным набором физико-химических свойств, позволяющих использовать материалы на их основе в различных областях техники. Данная работа посвящена определению областей гомогенности, изучению кристаллической структуры, кислородной нестехиометрии и электротранспортных свойств твердых растворов $Ba_{1-x}Pr_xFe_{1-y}Co_yO_{3-\delta}$.

Синтез образцов проводили по глицерин-нитратной технологии на воздухе. Заключительный отжиг проводили при 1100°C на воздухе с последующим медленным охлаждением до комнатной температуры. Фазовый состав полученных оксидов определяли рентгенографически. Определение параметров элементарной ячейки осуществляли с использованием программы «CelRef 4.0», уточнение - методом полнопрофильного анализа Ритвелда в программе «FullProf 2008». Кислородную нестехиометрию (δ) сложных оксидов $Ba_{1-x}Pr_xFe_{1-y}Co_yO_{3-\delta}$ изучали методом термогравиметрического анализа (ТГА), как функцию температуры на воздухе. Для определения абсолютного значения кислородного дефицита применяли метод йодометрического титрования. Общую электропроводность и коэффициент термо-ЭДС образцов определяли 4-х контактным методом в широком диапазоне температур на воздухе.

Данные РФА показали, что сложные оксиды $Ba_{1-x}Pr_xFe_{1-y}Co_yO_{3-\delta}$ на воздухе существуют в интервалах составов, указанных в таблице. Рентгенограммы всех однофазных оксидов были проиндексированы в рамках кубической ячейки (*пр.гр. Pm3m*). Согласно результатам рентгеноструктурного анализа увеличение

концентрации празеодима приводит к уменьшению параметра элементарной ячейки, а содержание кобальта влияет на величину параметра a незначительно.

Области гомогенности оксидов $Ba_{1-x}Pr_xFe_{1-y}Co_yO_{3-\delta}$

x	y
0.1	0 – 0.8
0.2	0 – 0.7
0.3	0 – 0.6
0.4	0 – 0.3
0.5	0 – 0.25
0.6	0.1 – 0.2

По данным ТГА установлено, что обмен кислородом между образцом и газовой фазой начинается вблизи 400°C . Индекс кислородной нестехиометрии увеличивается с ростом температуры и уменьшением концентрации празеодима и железа в образцах.

Максимальное значение общей электропроводности для образцов $Ba_{1-x}Pr_xFe_{1-y}Co_yO_{3-\delta}$ достигается при температуре около 400°C . Коэффициент термо-ЭДС положителен во всем исследуемом интервале температур, что свидетельствует о преимущественном р-типе проводимости.

ДИФФУЗИОННАЯ СВАРКА ЛАЗЕРНЫХ Nd:YAG КЕРАМИК С РАЗЛИЧНОЙ МИКРОСТРУКТУРОЙ

Басырова Л.Р.^{1*}, Осипов В.В.², Лукьяшин К.Е.², Шитов В.А.², Максимов Р.Н.^{1,2}

¹⁾ Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

²⁾ Институт электрофизики УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: lizaveta.lel@gmail.com

DIFFUSIONAL BONDING OF LASER Nd:YAG CERAMICS WITH DIFFERENT MICROSTRUCTURE

Basyrova L.R.^{1*}, Osipov V.V.², Lukyashin K.E.², Shitov V.A.², Maksimov R.N.^{1,2}

¹⁾ Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

²⁾ Institute of Electrophysics UrB RAS, Yekaterinburg, Russia

In this article, we report on the process of thermal diffusional bonding of three transparent ceramic samples with different average crystalline sizes (38, 15 and 35 μm) into monolithic material. The samples were polished to a flatness of $\lambda/8$ and bonded using original experimental setup. The transmittance of initial ceramics was 82.24, 81.48 and

81.95%, respectively. The extinction coefficient of obtained monolithic sample was 0.19 cm^{-1} at the wavelength $1.06 \text{ }\mu\text{m}$.

Керамические технологии в последние десятилетия быстро развиваются и создают серьёзную конкуренцию, например, технологиям по выращиванию монокристаллов. Однако существует проблема получения крупноразмерной керамики по толщине, не используя дорогостоящего оборудования, такого как установки по горячему изостатическому прессованию. Диффузионная сварка представляется более доступным методом, который может решить данную проблему создания крупноразмерных керамик по толщине из большого количества мало-размерных керамик.

В данной работе мы продолжаем исследовать лазерные Nd:YAG керамики синтезированные методом реакционного спекания. В отличие от предыдущих экспериментов, где сваривались два образца с высокой плоскостностью граней [1], в настоящей работе исследовалась возможность диффузионной сварки трёх образцов с ухудшенной плоскостностью свариваемых граней ($\lambda/8$) и различными средними размерами кристаллитов порядка 38, 15 и 35 мкм. Толщина исходных образцов составляла порядка 1,7 мм и прозрачность на длине волны 1,06 мкм – 82.24, 81.48, 81.95 %. Диффузионная сварка проходила в оригинальной экспериментальной установке на базе вакуумной печи Вега-1 при температуре $1580 \text{ }^{\circ}\text{C}$ в течении 2-х часов и давлении 50 МПа. Впоследствии керамика подвергалась дополнительному вакуумному отжигу при температуре $1780 \text{ }^{\circ}\text{C}$ в течении 20 часов с целью дальнейшего повышения оптического качества керамики. Для исследования границы раздела керамик был сделан поперёчный шлиф и произведено термотравление в атмосферной печи при температуре $1350 \text{ }^{\circ}\text{C}$ в течении 5 часов.

В результате диффузионной сварки из трёх образцов керамики был получен один монокристалл. До диффузионной сварки коэффициент поглощения на длине волны 1,06 мкм для образцов составлял 0.12 cm^{-1} , 0.18 cm^{-1} , 0.14 cm^{-1} , после сварки – 0.19 cm^{-1} , что незначительно отличается от значений коэффициента поглощения исходных образцов.

Неожиданным стал результат вакуумного отжига образцов. Прозрачность сваренных керамик ухудшилась до 0.68 cm^{-1} , расчётного повышения оптического качества керамики не произошло. Это можно объяснить выходом остаточных пор на границы свариваемых керамик, что было зафиксировано оптической микроскопией. Микроструктурные исследования поверхности шлифа на границе раздела показали отсутствие формальной границы. Однако, не смотря на плотное прилегание кристаллитов разных образцов, процесса рекристаллизации не произошло. Проанализировав результаты нашей прошлой [1] и данной работы, можно заключить, что причиной отсутствия рекристаллизации является большая разница в размерах кристаллитов (более чем в 2 раза).

Таким образом, установлено что, для обеспечения высококачественной диффузионной сварки необходимо, чтобы свариваемые образцы имели малые размеры кристаллитов (несколько микрон) и высокую плоскостность (порядка $\lambda/20$).

1. Osipov V.V., Lukyashin K.E., Shitov V.A., Maksimov R.N., Materials Letters, 167, 81-84, (2016).

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ СИНТЕЗА Ce:YAG КЕРАМИКИ НА ЛЮМИНЕСЦЕНТНО-ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Лукьяшин К.Е.², Шитов В.А.², Ищенко А.В.¹, Шевелев В.С.¹,
Шульгин Б.В.¹, Басырова Л.Р.¹

¹) Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

²) Институт электрофизики УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: lizaveta.lel@gmail.com

THE EFFECT OF SYNTHESIS CONDITIONS Ce:YAG CERAMICS ON LUMINESCENT AND OPTICAL PROPERTIES

Lukyashin K.E.², Shitov V.A.², Ishchenko A.V.¹, Shevelev V.S.¹,
Shulgin B.V.¹, Basyrova L.R.^{1*}

¹) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

²) Institute of Electrophysics UrB RAS, Yekaterinburg, Russia

In this conference paper, we report on the dependence luminescent and optical properties from the synthesis conditions of transparent 0.1 at.% Ce:YAG and 1 at.% Ce:YAG ceramics. Transparent 2 mm thick samples with optical transmittance from 58 to 82% at a wavelength of 600 nm were obtained.

В настоящее время большинство сцинтилляционных материалов, используемых в детекторах ионизирующего излучения синтезированы в виде монокристаллов. Однако выращивание таких кристаллов является трудоемким и дорогостоящим процессом по причине высоких температур плавления. Одной из альтернатив монокристаллам являются керамические материалы [1].

Образцы Ce^{3+} :YAG керамики были получены из нанопорошков Al_2O_3 , Y_2O_3 и 1 ат.% Ce^{3+} : Y_2O_3 диаметром порядка 10-15 нм, синтезированных методом лазерной абляции мишени [2]. В рамках этого исследования образцы были синтезированы двумя различными подходами. Принципиальное отличие между ними заключалось в синтезе основной фазы алюмоиттриевого граната: непосредственно во время вакуумного спекания (1 – первый подход) и до спекания (2 –

второй способ). При реализации второго подхода частичная трансформация смеси оксидов Al_2O_3 , Y_2O_3 и 1 ат.% $\text{Ce}^{3+}:\text{Y}_2\text{O}_3$ в YAG фазу происходила в брикетах с плотностью 20 % от теоретической при температуре 1200 °С в течении 3-х часов в атмосферной печи. Впоследствии брикеты измельчали и порошок прессовали при 200 МПа. Спекание керамики производилось в вакуумной печи с графитовыми нагревателями в течение 20 ч при температуре 1700-1780 °С и давлении остаточных газов $5 \cdot 10^{-5}$ мбар.

Анализ микроструктуры показал, что увеличение содержания с 0.1 ат.% Ce^{3+} до 1 ат.% Ce^{3+} приводит к уменьшению размера кристаллитов образцов (24-27 и 17, соответственно). Синтезированные образцы $\text{Ce}^{3+}:\text{YAG}$ керамики обладали коэффициентом пропускания 58-82% на длине волны 600 нм. На спектрах зафиксированы полосы поглощения с максимумами в районах 228, 260, 304, 338 и 457 нм, связанные с $4f \rightarrow 5d$ переходами в ионах Ce^{3+} . Интенсивность полос поглощения ионов Ce^{3+} и коэффициент пропускания в области 500-900 нм, определяющие оптическое качество керамики, прямо зависят от концентрации активного иона в решетке YAG. Оптическое качество тем выше, чем ниже концентрация Ce^{3+} . В результате анализа спектров пропускания и поглощения был сделан вывод, что содержание ионов церия в образцах, синтезированных вторым подходом меньше, чем первым. Подобное влияние условий синтеза на концентрацию допанта в керамики также было подтверждено при анализе спектров рентгенолюминесценции (РЛ). Для всех образцов была характерна интенсивная полоса свечения максимальная в районе 525-528 нм, соответствующая излучательным $5d \rightarrow {}^2F_{5/2}, {}^2F_{7/2}$ переходам в ионе Ce^{3+} . Интенсивность полосы свечения автолокализованных экситонов (АЛЭ) в области 240-460 нм косвенно указывает на относительную концентрацию ионов церия. Чем выше концентрация Ce^{3+} , тем ниже интенсивность полосы АЛЭ.

Таким образом, анализ микроструктуры и люминесцентно-оптические измерения показали, что наиболее предпочтительным для точности и контроля концентрации активного иона Ce^{3+} в решетке YAG является первый подход.

1. C. Greskovich, S. Duclos., *Annu. Rev. Mater. Sci.*, 27 (1), 69–88, (1997).
2. V.V. Osipov, Yu.A. Kotov, M.G. Ivanov, et al., *Laser Phys.*, 16, 116–125, (2006).

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ НА ВРЕМЯ ВПИТЫВАНИЯ ВОДЫ В БАЗАЛЬТОВУЮ ТКАНЬ

Каримуллин И.И., Вознесенский Э.Ф., Гарифуллин А.Р., Карноухов А.Е.

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
г. Казань, Россия

E-mail: ilikero@mail.ru

RESEARCH OF THE INFLUENCE OF HIGH-FREQUENCY PLASMA TREATMENT ON THE ABSORPTION TIME OF WATER IN BASALT TISSUE

Karimullin I.I., Voznesensky E.F., Garifullin A.R., Karnoukhov A.E.

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

The influence of different high-frequency plasma modes on the absorption time of water in basalt tissue has been investigated. It has been established that, depending on the parameters of high-frequency plasma treatment, it is possible to achieve both hydrophobicity and increased hydrophilicity of basaltic tissues.

Современные базальтовые волокна (БВ) получают из расплавов шихты базальтовых пород. Применение БВ является более экологически целесообразным по сравнению с асбестом, а так же более выгодным в сравнении со стекловолокнами в связи с их меньшей себестоимостью [1]. БВ имеют широкий спектр применения - легкая промышленность, строительство, авиастроение и др.

Применение ВЧ плазменной обработки позволяет модифицировать поверхностный слой образца с возможностью привития на нем функциональных групп с целью повышения гидрофильности, либо наоборот, нанести водоотталкивающие покрытия, снижающие смачиваемость и увеличивающие гидрофобность [2].

Целью работы являлось определение наиболее эффективного режима плазменной обработки, позволяющей максимально увеличить гидрофобность материала на основе базальтовых тканей (БТ) для создания продуктов, предотвращающих распространение воды и влаги.

В ходе экспериментальных исследований использовалась БТ-11 ООО «Завод ЕЗИМ» (Россия).

Смачиваемость образцов определяли по скорости впитывания капли воды (табл. 1).

Обработка БТ проводилась в опытно-промышленной высокочастотной емкостной плазменной установке, а также в экспериментальной высокочастотной индукционной установке [3]. На БТ наносились наночастицы SiO_2 и стеариновый порошок. Модификация в ВЧЕ плазме проводилась в следующих режимах: в качестве плазмообразующего газа использовался пропан, мощность обработки

выбрана 1,5 кВт, давление $P = 21,6$ Па, расход плазмобразующего газа $G = 0,04$ г/с, время обработки $t = 10$ мин. Модификация в ВЧИ плазме проводилась при следующих параметрах: плазмобразующий газ - аргон, время предварительной очистки поверхности $t = 5$ мин; нанесение наночастиц SiO_2 при силе тока $I = 1,6$ А, $G = 0,06$ г/с, $t = 30$ сек, $P = 60$ Па, высоте подложки $h = 30$ мм; диаметре частиц $d = 250$ нм; нанесение стеарина при $I = 1,5$ А, $G = 0,06$ г/с, $P = 60$ Па, $h = 30$ мм.

Табл. 1. Зависимость времени впитывания от режима обработки образца.

Режим обработки	Время, сек
ВЧИ н/ч	0,2
Контроль	2,5
ВЧЕ метан	53
ВЧИ стеарин	не впитывается

В ходе проведенного исследования установлено, что наибольший эффект сопротивления впитыванию капли воды был достигнут ВЧИ плазменной обработкой с нанесением стеарина. В свою очередь нанесение наночастиц диоксида кремния дало обратный результат, уменьшив время впитывания в 12,5 раз в сравнении с контрольным образцом.

1. Гутников С.И., Лазоряк Б.И., Селезнев А.Н., Стекланные волокна Учебное пособие для студентов по специальности «Композиционные наноматериалы», Москва (2010).
2. Шарифуллин Ф.С., Нуриев И.М., Влияние плазменной обработки на характеристики кожаной ткани меховой овчины в подготовительных процессах, Изд-во Казан. технол. ун-та, Т. 14, №5. - С.274-277 (2011).
3. Абдуллин И. Ш., Желтухин В. С., Сагбиев И. Р., Шаехов М.Ф., Модификация нанослоёв в высокочастотной плазме пониженного давления, Изд-во Казан. технол. ун-та (2007).

ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ КОМПОЗИТА $\text{Al}+\text{Al}_2\text{O}_3$, ПОЛУЧЕННОГО ВСЕСТОРОННЕЙ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИЕЙ

Перегримов М.Е.^{1*}, Заяц С.В.²

¹⁾ Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

²⁾ Институт электрофизики Уральского отделения Российской академии наук,
г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: jerrg96@rambler.ru

RESEARCH OF THE PROPERTIES OF THE COMPOSITE $\text{Al}+\text{Al}_2\text{O}_3$, OBTAINED BY COMPREHENSIVE MAGNETIC PULSED PLASTIC DEFORMATION

Peregrimov M.E.^{1*}, Zayats S.V.²

¹⁾ Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

²⁾ Institute of Electrophysics, Urals Branch of the Russian Academy of Sciences,
Yekaterinburg, Russia

In present work was carried out magnetic pulsed compaction of nanoscale aluminum passivated powder. After compaction, the samples were twice subjected to dynamic plastic deformation (DPD) in a rectangular matrix at a pressure of 1.5 MPa. Due to comprehensive DPD there was a complete destruction of oxide shells, and a structure of aluminum-based metal-matrix composites with homogeneous particle distribution was formed in all volume of samples. This is observed on the pictures of the microstructure.

В современной промышленности алюминий является одним из самых популярных металлов и широко используется во многих областях. Наноструктурные материалы отличаются от материалов с микронной структурой, поэтому представляют большой интерес для промышленности. Приведение структуры вещества до наномасштаба приводит к таким изменениям, как структурные и фазовые превращения, изменения параметра кристаллической решетки, фононного спектра, теплоемкости, магнитных и оптических свойств, твердости и прочности.

Существуют два основных метода получения наноразмерных материалов: прессование наноразмерных порошков и измельчение структуры объемного материала. В данной работе алюминиевый нанопорошок, содержащий оксид алюминия подвергался воздействию магнитно-импульсного прессования (МИП), а полученный образец дополнительно подвергался динамической пластической деформации по нескольким направлениям.

Для экспериментов использовался порошок, полученный методом электрического взрыва проволоки в Институте электрофизики УрО РАН. Порошок представлял собой сферические частицы диаметром 100-150 нм, содержащие

алюминиевое ядро, покрытое тонкой (2-4 нм) пленкой оксида алюминия. Компактирование нанопорошка алюминия методом МИП описано в работе [1].

На первом этапе проводилось прессование композита в жесткой разборной матрице, состоящей из 4 обечаек, которая формирует прямоугольный канал матрицы 10x10 мм при комнатной температуре и давлении порядка 1 ГПа. Для изучения свойств композитов были выбраны 4 навески порошка: 0,6, 1, 1,4 и 1,8 г. В результате первой обработки нанопорошка получали образец с относительной плотностью порядка 70%.

На втором этапе проводилась допрессовка образца и первичная деформация. Для этого образец поворачивался и помещался в ту же пресс-форму. МИП воздействие на образец при комнатной температуре приводило к деформации образца, материал которого принимал форму канала матрицы, и относительная плотность прессовки составляла порядка 95%. В данном случае достигалось давление порядка 1,5 ГПа. Полученный образец извлекался из пресс-формы, поворачивался и подвергался динамической пластической деформации. Деформация производилась при двух температурах: 20 и 400 °С.

В результате окончательной обработки образцов зёрна алюминия совершали значительные перемещения в объеме материала, и за счет пластического течения оксидная пленка частиц разрушилась по всему объему. Анализ изломов образцов показал, что зёрна Al_2O_3 равномерно распределились в металлической алюминиевой матрице. На микрофотографиях с атомно-силового микроскопа структуры полученного материала видно, что упрочняющие частицы оксида алюминия имеют размер порядка 50 нм.

Работа выполнена в рамках темы государственного задания № 0389-2015-0025.

1. Тезисы докладов IV Международной молодежной научной конференции (Секция 2): Физика. Технологии. Инновации ФТИ-2017 (15–19 мая 2017 г.) / отв. за вып. А. В. Ищенко. Екатеринбург: УрФУ, 2017. 357 с.

КОРРОЗИОННОЕ ПОВЕДЕНИЕ СТАЛИ ЭП-823 В УРАНСОДЕРЖАЩИХ ХЛОРИДНЫХ РАСПЛАВАХ

Дедов К.В., Рагузина Е.В.^{*}, Абрамов А.В., Половов И.Б.,
Волкович В.А., Шак А.В., Ребрин О.И.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: ekaterina.1694@mail.ru

CORROSION BEHAVIOR OF YEP-823 TYPE STEEL IN URANIUM CONTAINING CHLORIDE MELTS

Dedov K.V., Raguzina E.V.^{*}, Abramov A.V., Polovov I.B.,
Volkovich V.A., Rebrin O.I.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Corrosion of YeP-823 type steel in the melts based on LiCl and 3LiCl–2KCl containing uranium chloride was studied at 500 and 650 °C. Corrosion rates and mechanism, structural changes in the material studied were determined.

Расплавы на основе хлоридов щелочных металлов и их смесей являются перспективными рабочими средами для проведения технологических операций при пирохимической переработке отработавшего ядерного топлива (ОЯТ). Одной из основных проблем, препятствующих широкому использованию пирохимических процессов, является подбор конструкционных материалов, устойчивых в контакте с солевыми электролитами. Целью настоящей работы являлось исследование коррозионной стойкости сплава ЭП-823 (16Х12МВСФБР), рассматриваемого в качестве перспективного конструкционного материала для организации процесса переработки нитридного ОЯТ реакторов БН.

Эксперименты выполняли в расплавах на основе LiCl при 650 °C и эвтектической смеси 3LiCl–2KCl при 500 и 650 °C. Уран (1 мол. %) в расплав вводили в виде трихлорида. Продолжительность экспериментов для каждой системы составляла 20 и 100 ч. Для установления влияния урана на процесс коррозии в отдельной серии экспериментов было также исследовано поведение стали ЭП-823 в солевых расплавах LiCl и 3LiCl–2KCl, не содержащих хлорида урана.

В качестве методов исследования использовали гравиметрический анализ, волновой рентгеноспектральный флуоресцентный анализ, растровую электронную микроскопию, рентгеноспектральный микроанализ. В результате определены скорости коррозии стали ЭП-823, сделаны выводы об изменении структуры материала в ходе высокотемпературного воздействия и определен характер коррозионного разрушения материала, сделаны выводы о составе продуктов коррозии стали ЭП-823.

ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТИ КОРРОЗИИ СТАЛЕЙ В РАСПЛАВАХ СОЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА НЕЙТРОННОЙ АКТИВАЦИИ

Хвостов С.С.^{1*}, Голосов О.А.¹, Зайков Ю.П.², Барыбин А.В.¹, Глушкова Н.В.¹,
Старицын С.В.¹, Пастухов В.И.¹, Никитина Е.В.², Казаковцева Н.А.²,
Козлов А.В.¹

¹⁾ АО «Институт реакторных материалов», г. Заречный, Россия

²⁾ Институт высокотемпературной электрохимии, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: sergey.hvostow@mail.ru

INVESTIGATION OF STEEL CORROSION RATE IN MOLTEN SALTS USING NEUTRON ACTIVATION METHOD

Khvostov S.S.^{1*}, Golosov O.A.¹, Zaikov Yu.P.², Barybin A.V.¹, Glushkova N.V.¹,
Staritsyn S.V.¹, Pastukhov V.I.¹, Nikitina E.V.², Kazakovtseva N.A.², Kozlov A.V.¹

¹⁾ Joint Stock Company “Institute of Nuclear Materials”, Zarechny, Russia

²⁾ Institute of High Temperature Electrochemistry, Yekaterinburg, Russia

The paper gives experimental results of investigation of EP-823 steel corrosion in molten salts using neutron activation method. Unoxidized and thermally oxidized in the air to $\sim 12.5 \mu\text{m}$ thick oxide film EP-823 steel samples, irradiated in IVV-2M reactor to neutron fluence of $\sim 2.9 \cdot 10^{17} \text{ n/cm}^2$, underwent static corrosion tests in KCl-LiCl and KCl-LiCl- $n\text{PbCl}_2$ molten salts at 500 and 650 °C during 24 h. It shows that corrosion and corrosion product transfer to molten salts are selective in terms of steel elements.

В настоящее время разрабатывается технология регенерации смешанного нитридного уран-плутониевого отработавшего ядерного топлива (СНУП ОЯТ) для реакторной установки БРЕСТ-ОД-300. Отделение делящихся элементов от основной массы продуктов деления при переработке СНУП ОЯТ предполагается проводить с использованием пирохимических процессов.

Одной из начальных стадий в этих процессах будет являться отделение ОЯТ от стальных оболочек ТВЭЛОВ, в качестве которых в БРЕСТ-ОД-300 предполагается использование ферритно-мартенситной стали ЭП-823 [1]. В виду высокой радиационной стойкости сталей ферритно-мартенситного класса к распуханию таблетки облученного СНУП топлива будут «садиться» на оболочку ТВЭЛОВ [2, 3]. Поэтому применение механических способов отделения таблеток топлива от оболочек ТВЭЛОВ будет очень трудоемким.

Предлагается для отделения топлива от оболочек ТВЭЛОВ использовать пирохимические методы мягкого хлорирования в расплавах хлоридов щелочных металлов. В настоящее время отсутствуют данные о коррозионном поведении облученной стали ЭП-823 в расплавах хлоридов.

В работе рассмотрены методические вопросы исследования коррозионного поведения ферритно-мартенситной стали ЭП-823 в расплавах солей с использо-

ванием метода нейтронно-активационного анализа [4]. Неоксидированные и термически оксидированные на воздухе до толщины оксидной пленки $\sim 12,5$ мкм образцы стали ЭП-823, облученные в реакторе ИВВ-2М до флюенса нейтронов $\sim 2,9 \cdot 10^{17}$ н/см², были подвергнуты статическим коррозионным испытаниям в расплавах солей KCl-LiCl и KCl-LiCl-*n*PbCl₂ при 500 и 650 °С в течение 24 ч. Показано, что коррозия и переход продуктов коррозии в расплавы солей имеют избирательный характер, в отношении компонентов стали.

1. Горынин И.В. и др. Радиационное материаловедение и конструкционная прочность реакторных материалов, СПб: Изд-во ЦНИИМК «Прометей» (2002).
2. Porollo S.I., Dvoriashin A.M. et al., J. of Nucl. Mater., 329–333, pp. 314–318 (2004).
3. Dvoriashin A.M., Porollo S.I. et al., J. of Nucl. Mater., 329–333, pp. 319–323 (2004).
4. Гума В.И. и др. Нейтронно-активационный анализ, Энергоатомиздат (1984).

ТРАНСПОРТНЫЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ СИСТЕМ {(100-*x*)La₂Mo₂O₉ – *x*La₂Mo₃O₁₂} С ДОМИНИРУЮЩИМ КИСЛОРОД- ИОННЫМ ПЕРЕНОСОМ

Партин Г.С.^{*}, Батекко Ю.А., Анимица И.Е.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: grigory.partin@urfu.ru

TRANSPORT PROPERTIES OF COMPOSITE SYSTEMS {(100-*x*)La₂Mo₂O₉ – *x*La₂Mo₃O₁₂} WITH DOMINANT OXIDE-ION TRANSFERENCE

Partin G.S.^{*}, Bateko Yu.A., Animitsa I.E.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Electrical properties of composite systems based on LAMOX-family phases were investigated. All phases and composites {(100-*x*)La₂Mo₂O₉ – *x*La₂Mo₃O₁₂} were obtained by solid phase synthesis. It was established that introduction of 10 or 15 mol. % inert La₂Mo₃O₁₂ results in an increase in conductivity of composite by 1 orders of magnitude approximately. It is manifestation of composite effect.

Фазы семейства LAMOX привлекают внимание исследователей благодаря перспективе их использования в качестве твердых электролитов среднетемпературных (500-700 °С) твердооксидных топливных элементов. Недавние исследования анодов ТОТЭ на основе фаз семейства LAMOX [1, 2] позволяют прогнозировать хорошую совместимость твердых электролитов с анодами, что создает предпосылки разработки новых типов ТОТЭ.

Ранее для модифицирования функциональных свойств кислород-ионного проводника $\text{La}_2\text{Mo}_2\text{O}_9$ использовался метод гомогенного допирования, как правило, катионной подрешетки. В данной работе для достижения значимого уровня ионной проводимости было впервые реализовано гетерогенное допирование матричной фазы $\text{La}_2\text{Mo}_2\text{O}_9$ инертной низкопроводящей добавкой $\text{La}_2\text{Mo}_3\text{O}_{12}$ ($3 \times 10^{-5} \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$ при 700°C).

Композиты состава $\{(100-x)\text{La}_2\text{Mo}_2\text{O}_9 - x\text{La}_2\text{Mo}_3\text{O}_{12}\}$, где $x = 0; 5; 10; 15; 20; 30$ мол.%, получены твердофазным методом, образцы аттестованы методом РФА. Электропроводность спеченных керамических образцов была измерена в атмосфере воздуха методом импедансной спектроскопии в режиме охлаждения. На рис.1 можно видеть увеличение объемной проводимости композитов с $x = 10$ и 15 мол. % приблизительно на порядок величины относительно проводимости матричной фазы $\text{La}_2\text{Mo}_2\text{O}_9$, что указывает на наличие композиционного эффекта в системе $\{(100-x)\text{La}_2\text{Mo}_2\text{O}_9 - x\text{La}_2\text{Mo}_3\text{O}_{12}\}$. Также следует отметить, что инертная добавка не подавляет фазовый переход (скачок проводимости на рис. 1) и не стабилизирует высокопроводящую фазу $\beta\text{-La}_2\text{Mo}_2\text{O}_9$ при комнатной температуре, как это происходит в некоторых случаях гомогенного допирования, например, при замещении Mo на W. Доминирование ионного типа проводимости сохраняется во всем исследуемом интервале парциальных давлений кислорода $3,2 \times 10^{-5} \text{ атм} < P_{\text{O}_2} < 0,68 \text{ атм}$. Расчетные числа переноса ионных носителей $t_{\text{ион}}$ равны 0,90-0,98.

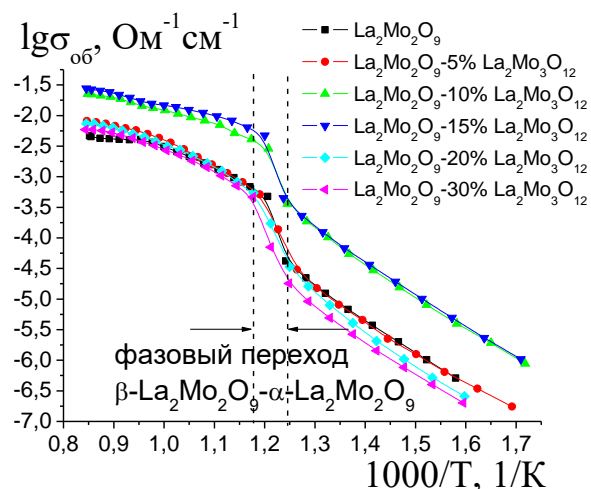


Рис. 1. Температурные зависимости объемной электропроводности композитов.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки РФ № 4.2288.2017/4.6.

1. Lu X.C., Zhu J.H.J., Electrochem. Soc., 1053-1057, 155 (2008).
2. Buvat G., Quarez E., Joubert O. J., Power Sources, 107-113, 302 (2016).

RESEARCH OF THERMAL PHYSICS CHARACTERISTICS BONDED SYNTHETIC FABRIC AIMED FOR USING IN STRUCTURAL TECHNOLOGIES

Garamov G.A., Potanina D.S., Makhin V.E., Orudzhova O.N.*

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

*E-mail: o.orudjova@narfu.ru

Waste products of pulp-and-paper production – worked-out cloths of pulp-drying machine and paper-making machines – can be considered as secondary material resources. They represent cloth of the bonded synthetic fabric consisted of fibers of polypropylene, polyester, polyamide, kapron, nitron and other polymers. The carried-out analysis of physical, mechanical and hydraulic characteristics of these materials shows that they can be used in road construction as geosynthetic material [1, 2].

The purpose of this work is assessment of a possibility of using this synthetic material in broad practice of the production and civil engineering. The key heat engineering parameter of structural materials is the effective aperture thermal conductivity coefficient. For the considered material it was defined in a stationary and non-stationary thermal conditions. In addition, dynamic of development of temperature field in material was investigated, under conditions of free convection and heat exchange in its contact with various environment. In the conditions of steady thermal conditions of the research, dynamics of the temperature field development were tested for one, two – and three closely the put material layers by means of a measuring device of IST-4K. Values of an effective aperture thermal conductivity coefficient of the studied material by this method are: one layer – $0,078 \text{ W/m}^\circ\text{C}$, two layers – $0,076 \text{ W/m}^\circ\text{C}$, three layers – $0,076 \text{ W/m}^\circ\text{C}$. In case of non-stationary thermal conditions the research was made by method of the cylindrical probe by means of the MIT-1 device. The observed data makes $\lambda = 0,1 \text{ W/m}^\circ\text{C}$. The results of the research of temperature field in the conditions convection at contact of the material with wood and air are presented in the figure 1.

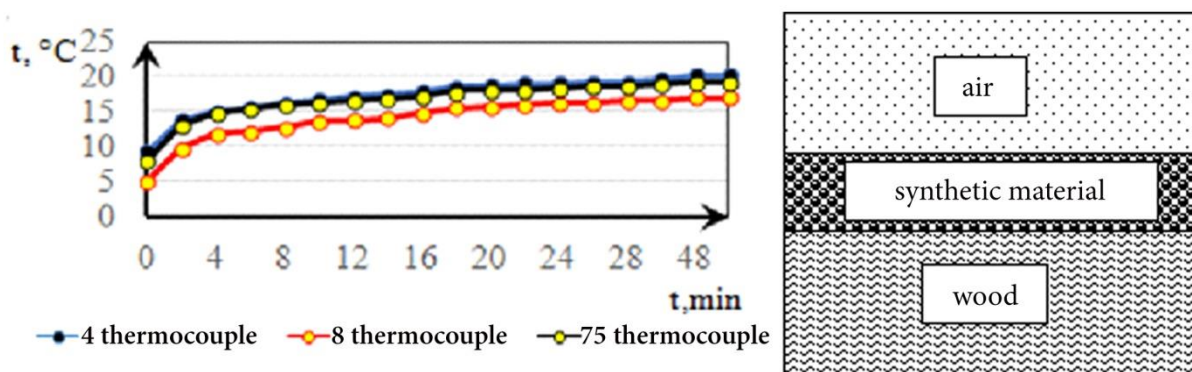


Fig.1. The temperature field in the conditions at contact «air–material–wood»

Results of the conducted thermal researches allow to make the following conclusions:

- the value of an effective aperture thermal conductivity coefficient of the studied material is comparable to values of a thermal conductivity of traditional heat-insulating materials (a mineral wool – 0,048-0,07 $W/m^{\circ}C$, polystyrene foam – 0,031-0,05 $W/m^{\circ}C$);

- development of the temperature field in the conditions of free convection, restricted convection and in a layer of dispersible material has small speed that speaks about small values of a thermal diffusivity of the studied material;

- small thickness of the studied material allows to use it as an efficient heat insulator in designs of restricted volume in the industrial and civil engineering.

1. Orudzhova O.N., Lesnoy zhurnal, 4, 54 (2013).

2. Orudzhova O.N., Shinkaruk A.A., Industrial and Civil Engineering, 10, 30 (2012).

ФЕРРОМАГНИТНЫЙ РЕЗОНАНС В ТОНКИХ ПЛЕНКАХ ЖЕЛЕЗО-ИТТРИЕВОГО ГРАНАТА

Тельный Я.В., Носов А.П.

¹Уральский федеральный университет им. Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

²Институт физики металлов УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: ozeum@mail.ru

FERROMAGNETIC RESONANCE IN THIN FILMS OF $Y_3Fe_5O_{12}$

Telny Y.V., Nosov A.P.

Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

$Y_3Fe_5O_{12}$ thin films with nanometer thickness were obtained by pulsed laser deposition and their magnetic properties were studied. Evolution of magnetic properties with thickness was analyzed.

Железо-иттриевый гранат (ЖИГ) $Y_3Fe_5O_{12}$ является материалом, широко применяемым в микроволновых и магнитооптических устройствах. Большой интерес представляет явление ферромагнитного резонанса (ФМР) в тонких пленках ЖИГ.

Целью данной работы является исследование динамических магнитных свойств тонких пленок ЖИГ от их толщины.

Эпитаксиальные пленки $Y_3Fe_5O_{12}$ с толщинами от 50 до 180 нм были выращены на монокристаллических подложках $Gd_3Ga_5O_{12}$ при температуре подложки $T = 700^{\circ}C$ и давлении кислорода $P = 0.03$ мбар методом PLD (pulsed laser deposition) с использованием эксимерного импульсного KrF-лазера

($\lambda = 247$ нм). По окончании роста, пленки дополнительно выдерживались 10 минут при температуре роста, затем медленно охлаждались до комнатной температуры. Толщина пленок определялась рентгеноструктурными методами.

Измерения динамических магнитных характеристик проводили с использованием ЭПР спектрометра на частоте 9,86 ГГц при ориентации магнитного поля перпендикулярно плоскости образца.

На основе полученных магнитных характеристик и физических параметров образцов установлено, что при аппроксимации в линейном приближении зависимостей намагниченности насыщения M_S и постоянной затухания α от толщины пленок l получены следующие выражения:

$$M_S = 0.2631 * l + 96.012$$

$$\alpha = -2 * 10^{-5} * l + 0.005$$

Наблюдаемые закономерности, по-видимому, связаны с изменениями микроструктуры пленок различной толщины.

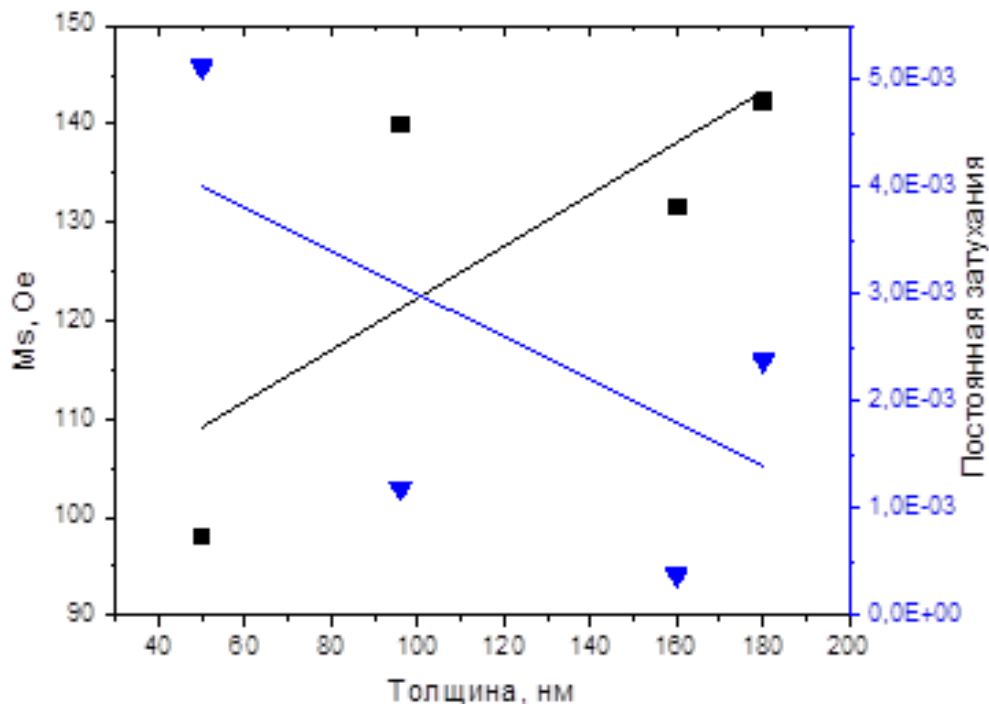


Рис. 1. Зависимость намагниченности насыщения M_S (■) и постоянной затухания α (▼) от толщины образцов.

ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ В СИСТЕМЕ Y-Ca-Co-O

Визнер А.С., Брюзгина А.В., Урусова А.С., Черепанов В.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: anna.brjuzgina@urfu.ru

PHASE EQUILIBRIUM IN THE Y-Ca-Co-O SYSTEM

Vizner A.S., Bryuzgina A.V., Urusova A.S., Cherepanov V.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The samples were prepared using a glycerol–nitrate technique. All samples for the structural examination were quenched from 1273 K in air. X-ray diffraction of powder samples was performed at room temperature using diffractometer Shimadzu XRD -7000. The structural parameters were refined by the Rietveld profile method using the Fullprof package.

В настоящее время широкое распространение получили сложнооксидные материалы, обладающие высокой электронной и ионной проводимостью. Область применения подобных соединений достаточно обширна и включает в себя использование в качестве электродов топливных элементов, кислородных мембран, катализаторов, чувствительных компонентов газовых сенсоров и пр.[1]. Это обуславливает интерес исследований, направленных на улучшение эксплуатационных характеристик данных соединений и поиск новых материалов.

Синтез образцов для исследования был проведен по глицерин-нитратной технологии. Для синтеза использовали оксид иттрия Y_2O_3 (ИтО-В), карбонат кальция $CaCO_3$ (ос.ч.) и металлический кобальт.

Изучение фазовых равновесий в системе Y - Ca - Co - O проводили при 900°С и 1100°С на воздухе.

Система Ca-Co-O в изучаемых условиях достаточно подробно исследована в работах [2-3]. При температуре 1100°С в системе Ca-Co-O образуются твердые растворы составов $Ca_{1-n}Co_nO$ ($0 \leq n \leq 0.07$) и $Co_{1-m}Ca_mO$ ($0 \leq m \leq 0.14$)[3].

В настоящей работе подтверждено, что при 1100°С в данной квазибинарной системе сложнооксидных фаз не образуется. При 900 °С ведутся исследования.

По результатам РФА уставлено, что в системе Y-Co-O при 1100°С в данной системе фаз не образуется. А при 900°С в изучаемой системе образуется единственный сложный оксид $YCoO_{3-\delta}$.

1. Berenov A., Angeles E., Rossiny J., et al., Solid St. Ionics. V. 179, 1090-1093(2008).
2. Sedmidubský D., Jakeš V., et al., J. of S. St. Chem. V.194, 199-205(2012).
3. Woermann E., Muan A. J.Inorg. Nucl. Chem. J.Inorg. Nucl. Chem. V.32, 1455-1459(1970).

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГРАНУЛИРОВАННОГО ПЕНОСТЕКЛА-ПЕНОЦЕОЛИТА И ЛЕГКИХ БЕТОНОВ НА ИХ ОСНОВЕ

Васильева Д.В.^{*}, Федоров В.И., Местников А.Е.

Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова,
г. Якутск, Россия

*E-mail: omsvdv2910@mail.ru

THE PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF THE GRANULATED FOAM -GLASS – FOAM-ZEOLITE AND LIGHT CONCRETE BASED ON THEM

Vasileva D.V.^{*}, Fedorov V.I., Mestnikov A.E.

North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk, Russia

This article presents the results of research of physical and mechanical properties of granulated foam glass – panociania and lightweight concretes (foam glass concrete) based on them. Comparative analysis of physico-mechanical characteristics of foam-glass-concrete and cellular concrete autoclaved showed that at equal density have the advantage of wall materials from foam-glass-concrete in terms of strength, heat and frost.

Современная технология производства пеностекла предполагает использование в качестве основного сырья – стеклобоя, что имеет определенную коммерческую цену. При росте объемов выпуска продукции возникает необходимость вовлечения привозного сырья, что сильно влияет на рентабельность производства.

Перспективы развития производства пеностекла в России подробно рассмотрены в статье [1], где отмечена возможность использования в производстве пеностеклянных материалов сырья, альтернативного стеклобою, что позволит существенно расширить технологические возможности процесса. К ним относятся многие природные силикаты такие, как пластичные глины, перлит, трепел, цеолит, туфы.

В данной работе приводятся результаты экспериментальных исследований опытной партии гранулированного пеностекла – пеноцеолита, полученного на научно-производственной базе Группы компаний ПАО «Энергосистема» (г. Рыбинск), из цеолитсодержащей породы Сунтарского месторождения (Якутия). Выбор цеолита обусловлен доступностью и огромным запасом природного сырья, низкой энергоемкостью ее переработки из-за «мягкости» исходной горной породы [2].

Определены следующие характеристики пеноцеолита согласно ГОСТ 9758-2012 и ГОСТ 17177-94: насыпная плотность (106,01-138,68 кг/м³), истинная плотность зерен (269,71-392,82 кг/м³), водопоглощение по массе (13,16%), прочность при раскалывании (0,88 МПа).

Для изготовления образцов пеностеклобетона подбор состава (ГОСТ 27006-86) проведен из трех разных фракций пеноцеолита: а – 7,5-20 мм, б – 0,3-7,5, в – 0,3-3 мм при соотношениях 1:2:1 для проектной плотности пеностеклобетона 500 кг/м³ и 1:1:2 для проектной плотности пеностеклобетона 600 кг/м³ соответственно.

Состав исходной смеси и физико-механические показатели образцов

Класс бетона по прочности на сжатие	Марка бетона по средней плотности	Расход материалов, кг/м ³			Средняя плотность образцов, кг/м ³	Средняя прочность образцов на сжатие, МПа
		Цемент	Пеностекло	Вода		
B2,5	D500	300	180	130	522	4,1
B5	D600	350	200	150	616	6,3

Таким образом, для нового материала – пеноцеолита имеется возможность получения прочностных показателей, сравнимых с ячеистыми бетонами автоклавного твердения одинаковой плотности, особо востребованных для малоэтажного энергоэффективного строительства [3].

1. Кетов А.А., Конев А.В. и др. Строительные материалы, 9, 28-31 (2007).
2. Местников А.Е., Семенов С.С., Васильева Д.В. Фундаментальные исследования, 12-1, 80-84 (2017).
3. Баранов И.М. Строительные материалы, 8, 26-30 (2008).

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ СИНТЕЗА КЕРАМИКИ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ С МАГНИЕМ НА ФОТО- И КАТОДОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЮ

Смирнов Н.О.*, Звонарев С.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: nikolai_sm1996@mail.ru

EFFECT OF SYNTHESIS MODES OF ALUMINA-MAGNESIUM CERAMICS ON PHOTO- AND CATHODOLUMINESCENCE

Smirnov N.O.*, Zvonarev S.V.

Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

Samples of alumina ceramics doped by magnesium were synthesized. The analysis of the dependence of the magnesium mass fraction on the depth of the sample layer with respect to the surface are performed.

Керамика на основе оксида алюминия (III) находит обширное применение во многих областях науки и техники. Для изменения свойств получаемых материалов на основе Al_2O_3 проводят допирование, которое приводит к изменению физических свойств керамики, в частности, к модификации люминесцентных характеристик. В данной работе используется процесс введения примесей при пропитке исходной матрицы в растворе допанта. Сложность данного процесса заключается в получении максимально однородного распределения примеси по объёму керамики. Таким образом, целью данной работы является изучение влияния параметров и режимов синтеза Al_2O_3 с примесью магния путем пропитки в растворе на изменение люминесцентных свойств материала.

Образцы цилиндрической формы были изготовлены методом холодного прессования на механическом прессе, при давлении 0,35 ГПа из порошка $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$. Отжиг полученных компактов проходил в воздушной среде при температуре от 600 до 900 °С. Допирование выполнялось путём пропитки образцов в насыщенном растворе шестиводного нитрата магния (содержание магния в растворе 4 масс. %) при комнатной температуре в течение 10 минут. После допирования проводился отжиг образцов в течение 2-х часов при температуре 1600 °С в вакууме.

Получение спектров импульсной катодолюминесценции (ИКЛ) выполнено на спектрометре «КЛАВИ» для синтезированных образцов при различных параметрах изготовления. На рисунке 1 представлены спектры исследуемой керамики при варьировании температуры предварительного отжига, из которого видно, что при увеличении температуры отжига компакта интенсивность люминесценции уменьшается. Это может быть связано с тем, что при увеличении температуры первичного отжига на воздухе поверхность получается более пористой, а сам образец более плотный, поскольку частицы растут и агломерируются, что препятствует проникновению примеси в объем образца. В этой связи объемных люминесцирующих центров становятся меньше, и люминесценция испытывает множественное рассеивание на поверхности материала.

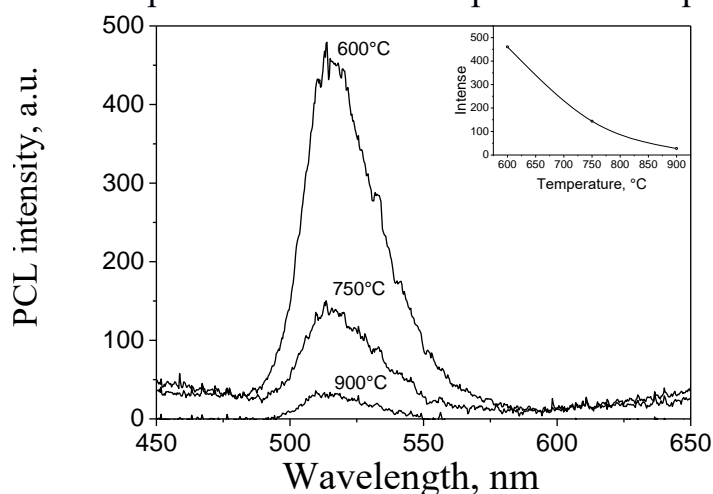


Рис. 1. ИКЛ образцов керамики $\text{Al}_2\text{O}_3\text{:Mg}$, первично отожжённых при разной температуре.

Результатом работы являются синтезированные образцы керамики оксида алюминия, допированного магнием, а также полученный анализ зависимости интенсивности пика магниевой шпинели в спектре ИКЛ в зависимости от температуры первичного отжига компактов.

Работа выполнена при поддержке стипендии Президента Российской Федерации молодым ученым и аспирантам, осуществляющих перспективные научные исследования и разработки по приоритетным направлениям модернизации российской экономики (№ СП-3858.2018.2).

ИОННАЯ ПРОВОДИМОСТЬ В КОМПОЗИТАХ $\text{Sm}_2(\text{WO}_4)_3 - \text{WO}_3$

Востротина Е.Л., Гусева А.Ф., Пестерева Н.Н., Отческих Д.Д., Лопатин Д.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России

Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: lenochka_vos@mail.ru

IONIC CONDUCTIVITY IN COMPOSITE $\text{Sm}_2(\text{WO}_4)_3 - \text{WO}_3$

Vostrotina E.L., Guseva A.F., Pestereva N.N., Otcheskikh D.D., Lopatin D.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Composite materials $\text{Sm}_2(\text{WO}_4)_3 - \text{WO}_3$ ($\varphi\text{WO}_3 = 0-70$ vol.%) have been obtained by a solid-phase method. Their transport properties have been examined by the electrochemical impedance technique and conductivity measurements versus oxygen partial pressure. It was shown that heterogeneous doping of the oxygen-ion conductor $\text{Sm}_2(\text{WO}_4)_3$ with a semiconductor WO_3 ($\varphi\text{WO}_3 < 13\%$) led to an increase in ionic conductivity more than an order of magnitude.

В настоящее время не ослабевает интерес к высокотемпературным кислородно-ионным проводникам на основе простых и сложных оксидов.

Одним из методов увеличения ионной проводимости твердых электролитов является гетерогенное допирование [1-2]. В настоящей работе получены композиты $\text{Sm}_2(\text{WO}_4)_3 - \text{WO}_3$ и исследованы их транспортные свойства. Измерена температурная зависимость полной проводимости полученных композитов $\text{Sm}_2(\text{WO}_4)_3 - \text{WO}_3$ методом электрохимического импеданса. Установлено, что проводимость композитов $\text{Sm}_2(\text{WO}_4)_3 - \text{WO}_3$ увеличивается с увеличением количества WO_3 , приближаясь к электропроводности оксида вольфрама. На рисунке 1 показаны зависимости общей и ионной электропроводности композитов $\text{Sm}_2(\text{WO}_4)_3 - \text{WO}_3$ от объемной доли WO_3 при 800°C .

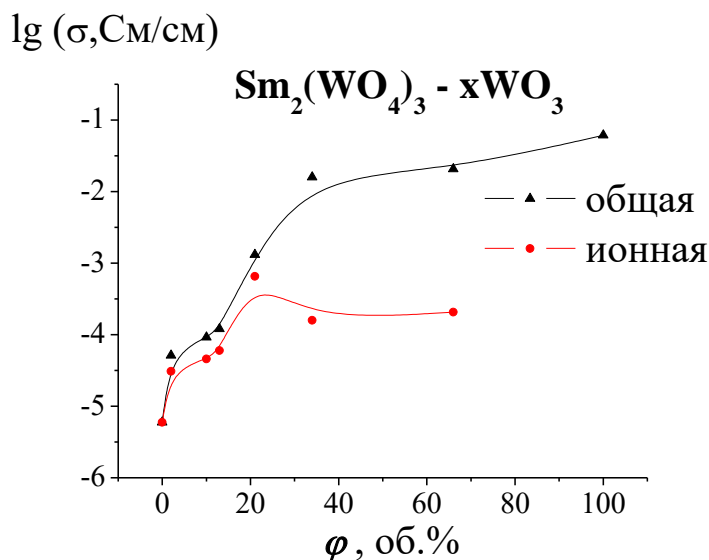


Рис. 1. Зависимость электропроводности композитов $\text{Sm}_2(\text{WO}_4)_3 - \text{WO}_3$ от содержания WO_3

Добавление электронного проводника WO_3 к вольфрамату самария (O^{2-} проводнику) приводит к увеличению кислородно-ионной проводимости. Этот результат был объяснен в рамках модели, представляющей композит как матричную распределенную систему. Пленка неавтономной «интерфазы» с высокой подвижностью ионов кислорода действует как связная матрица.

Область электролитической проводимости композитов $\text{Sm}_2(\text{WO}_4)_3 - \text{WO}_3$, установленная измерениями электропроводности в зависимости от активности кислорода, составляет 0-13 об.%. При содержании WO_3 более 13 об.% электропроводность композита $\text{Sm}_2(\text{WO}_4)_3 - \text{WO}_3$ резко возрастает, а вклад ионной составляющей в проводимость падает, что соответствует образованию сплошной пленки оксида вольфрама на поверхности зерен вольфрамата самария. При содержании WO_3 более 30 об.% электропроводность композита близка к электропроводности чистого оксида вольфрама, а сумма ионных чисел переноса близка к нулю (WO_3 – чисто электронный проводник).

Авторы выражают благодарность м.н.с. Д.В. Короне.

1. Нейман А.Я., Пестерева Н.Н., Электрохимия, 41, 6, 680-693 (2005).
2. Нейман А.Я., Карапетян А.В., Пестерева Н.Н., Электрохимия, 50, 1, 66-77 (2014).
3. Н.Н. Пестерева И.А. Вяткин Д.А. Лопатин и А. Ф. Гусева, Электрохимия, 52, 11, 1082-1089 (2016).

ВЛИЯНИЕ КРИСТАЛЛОГРАФИЧЕСКОЙ ТЕКСТУРЫ И МИКРОСТРУКТУРЫ ТИТАНА ПОСЛЕ ХОЛОДНОЙ И ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ НА ЕГО КОРРОЗИОННУЮ СТОЙКОСТЬ В БИОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЕ

Иванов И.В.^{1*}, Руденя Е.А.¹

¹⁾ Новосибирский Государственный Технический Университет, г. Новосибирск, Россия

*E-mail: i.ivanov@corp.nstu.ru

INFLUENCE OF CRYSTALLOGRAPHIC TEXTURE AND MICROSTRUCTURE OF TITANIUM AFTER COLD AND HOT ROLLING ON CORROSION RESISTANCE IN THE BIOLOGICAL ENVIRONMENT

Ivanov I.V.^{1*}, Rudenia E.A.¹

¹⁾ Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia

In this study, the relationship between corrosion resistance and crystallographic texture of α -titanium alloys was investigated. Obtained results show that the crystallographic texture as well as the microstructure of titanium influences the corrosion resistance of material. The highest corrosion resistance correspond to material with basal crystallographic texture.

Титан и его сплавы являются одними из наиболее часто применяемых в медицине материалов [1,2].

В медицинском материаловедении используется большое количество методов модифицирования поверхности титана. Существуют способы создания развитой поверхности материала формированием оксида титана (IV) [3], нанесением покрытий фосфата кальция [4], образованием ультрамелкозернистой структуры [5] и т.д.

Известно, что титан, полученный методами интенсивной пластической деформации обладает высокими показателями биологической совместимости [5]. Кроме того, на нее оказывает влияние не только микроструктура, но и кристаллографическая текстура материала [6].

В работе потенциометрическими методами исследовалась коррозионная стойкость образцов технически чистого α -титана после холодного и горячего проката в 145 мМ водном растворе NaCl.

Было обнаружено, что коррозионная стойкость титана после холодной прокатки со степенью деформации 60% (CR60) превосходит коррозионную стойкость титана после горячей (HR30) и холодной (CR30) прокатки со степенью деформации 30%. Это, вероятно, связано с образованием кристаллографической текстуры, в результате холодной пластической деформации. Несмотря на то, что холодная прокатка приводит к уменьшению размера зерен, и к формированию большого количества дефектов (дислокации, двойники, зёрненные и субзёрненные границы), скорость коррозии холоднодеформированного титана ниже скорости коррозии горячедеформированного.

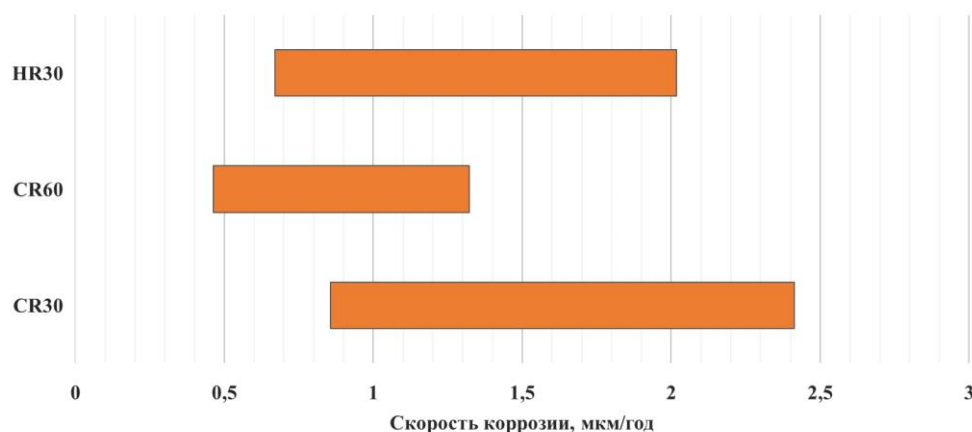


Рис. 1. Скорость коррозии титановых образцов, подвергнутых холодной и горячей прокатке. Испытания проводились в 145 мМ водном растворе NaCl. На диаграмме представлен диапазон скоростей коррозии: минимальная скорость соответствует кинетическому, а максимальная – диффузионному режимам коррозии

1. Enderle J. D., Bronzino J. D., Introduction to biomedical engineering, Academic press (2012).
2. Bahl S. et al., Materials & Design, 126, 226-237 (2017).
3. Yang B. et al., Biomaterials, 25, 1003-1010 (2004).
4. Sharkeev Y. P. et al., Composite Interfaces, 16, 535-546 (2009).
5. Bahl S., Suwas S., Chatterjee K., RSC Advances, 4, 38078-38087 (2014).
6. Faghihi S. et al., Biomaterials, 27, 3532-3539 (2006).

СИНТЕЗ НАНОПОРОШКА $\text{Fe:MgAl}_2\text{O}_4$ ИМПУЛЬСНО-ПЕРИОДИЧЕСКИМ CO_2 -ЛАЗЕРОМ

Наумова М.С.^{1*}, Платонов В.В.², Осипов В.В.²

¹⁾ Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

²⁾ Институт электрофизики УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: naumova.marya@mail.ru

SYNTHESIS OF NANOPOWDERS $\text{Fe:MgAl}_2\text{O}_4$ BY PULSE-PERIODIC CO_2 LASER

Naumova M.S.^{1*}, Platonov V.V.², Osipov V.V.²

¹⁾ Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

²⁾ Institute of Electrophysics of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

The work describes a synthesis process of iron doped magnesium aluminium spinel nanopowder produced by CO_2 laser co-vaporization, as well as analysis of the final powder.

Среди множества применений нанопорошков различных оксидов выделяется изготовление высокопрозрачных керамик. Легированные ионами-активаторами, они могут служить активными средами твердотельных лазеров.

В данной работе исследуется получение нанопорошка алюмомагниевого шпинели $Fe:MgAl_2O_4$ методом соиспарения простых оксидов CO_2 -лазером ($\lambda=10,6$ мкм) [1]. Ранее аналогичный порошок был синтезирован с помощью волоконного иттербиевого лазера ($\lambda=1,06$ мкм) [2].

Испарение смеси оксидов ($1,65 mol. \% Fe_2O_3 : MgO$): $1,3Al_2O_3$ происходило под действием импульсов лазерного излучения длительностью 90 мкс (частота следования 500 Гц) со средней мощностью 590 Вт и плотностью мощности излучения $1,5$ МВт/см². Производительность получения нанопорошка оказалась равна 16,43 г/ч. Выход порошка составил 28,25 масс. %.

Рентгенофазовый анализ готового нанопорошка показал, что в нём присутствуют 2 фазы: $MgAl_2O_4$ – 98 мас. % (ОКР 12 нм) и MgO – 2 мас. % (ОКР 14 нм). Отсутствие оксида железа как отдельной фазы говорит о том, что атомы железа вошли в кристаллическую решетку шпинели, чего не происходило при получении нанопорошка того же состава волоконным лазером [2]. Аналогичная ситуация наблюдалась в работах [3, 4] при допировании шпинели атомами европия. Предположительно, переходу легирующих атомов в шпинель могут препятствовать разные скорости сублимации частиц в лазерных факелах, однако требуются дополнительные исследования данного вопроса.

Исходя из результатов атомно-эмиссионного спектрального анализа (Fe – 0,95 ат. %, Mg – 27,10 ат. %, Al – 71,95 ат. %) была рассчитана химическая формула нанопорошка, которая имеет вид $Fe_{0,035}:MgAl_{2,56}O_{4,88}$.

На полученных с помощью электронного микроскопа изображениях наночастиц (рисунок 1) видно, что они довольно слабо агломерированы. Средний диаметр частиц, найденный из их распределения по размерам, составил 18 нм. Удельная поверхность порошка оказалась равна $55,89$ м²/г.

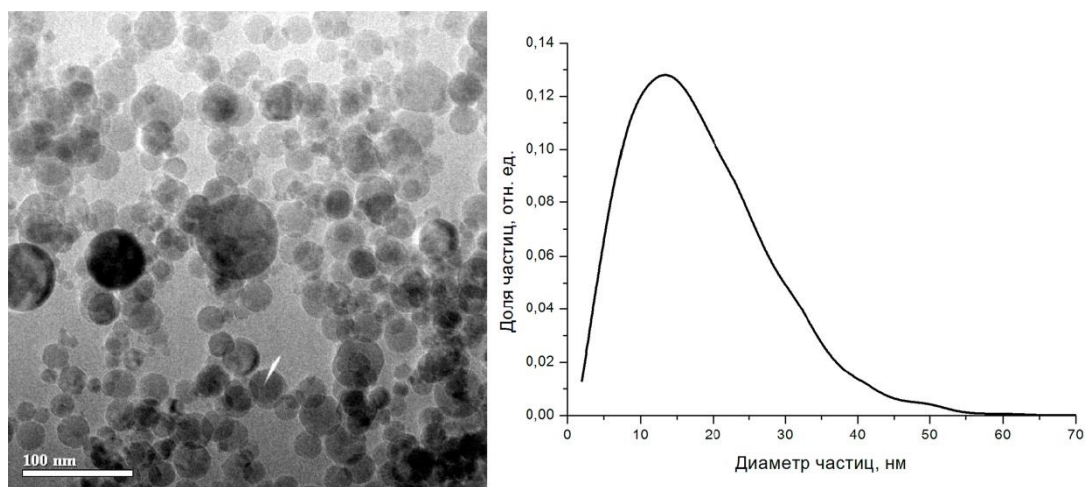


Рис. 1. Изображение наночастиц (слева) и распределение их по размерам (справа)

Таким образом, с помощью CO₂-лазера был синтезирован нанопорошок $Fe_{0,035}:MgAl_{2,56}O_{4,88}$ со средним размером частиц 18 нм, слабой агломерацией и однородным фазовым составом. Авторы выражают благодарность Медведеву А.И., Дёминой Т.М. и Лисиенко Д.Г. за проведение анализов.

Работа выполнена в рамках темы государственного задания №0389-2014-0027, а также при частичной поддержке гранта РФФИ №17-08-00064.

1. Осипов В.В., Лисенков В.В., Платонов В.В., Письма в ЖТФ, 37, 103 (2011).
2. Наумова М.С., Платонов В.В., Осипов В.В., Физика. Технологии. Инновации. Мат-лы IV Междунар. Молодежной научной конф., 3, 108 (2017).
3. Wenisc C., Kurland H.-D. et al., J. Am. Ceram. Soc., 99, 2561 (2016).
4. Beketov I.V., Medvedev A.I. et al., Journal of Alloys and Compounds, 586, 472 (2014).

ИССЛЕДОВАНИЕ БАКТЕРИЦИДНЫХ ЭФФЕКТОВ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Кашапова А.Р.*, Самигуллина К.Р., Харапудько Ю.В., Гребенщикова М.М.,
Гаврилов М.Д., Вишневская О.В.

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
г. Казань, Россия

*E-mail: aigul.kashapova95@yandex.ru

THE BACTERICIDAL EFFECT ON SURFACES TREATED BY HIGH FREQUENCY PLASMA

Kashapova A.R.*, Samigullina K.R., Harapudko Yu.V., Grebenshchikova M.M.,
Gavrilov M.D., Vishnevskaya O.V.

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

A study of duration of antimicrobial properties of collagen materials treated in high frequency plasma was made. It is established that the antibacterial effect is retained for not more than two years.

В качестве объекта исследования использовался натуральный коллагенсодержащий материал - кожа хромового дубления, применяемая для изготовления протезов и ортопедических изделий [1]. Применение этого материала обуславливается его высокой пористостью, паропроницаемостью. Однако из-за органической природы, существует риск возникновения микробных колоний на границе «поверхность материала – контактная поверхность кожи». Поэтому актуальной задачей современных исследований является поиск оптимальных методов

обработки поверхности для получения антимикробного эффекта, не связанного с применением химических реагентов.

Исследуемые образцы модифицировались в высокочастотном разряде. При модификации материалов ВЧЕ плазмой происходит очистка поверхности от загрязнений и образование на ней полярных групп, из-за чего изменяются контактные свойства, и изменение морфологической структуры [2].

Образцы кожи были модифицированы в режиме $P = 26-26,6$ Па, $U = 4,5-5$ кВ, $I = 0,6-0,7$ А в среде аргона [3].

Экспресс-методом исследовались гидрофобные и гидрофильные свойства поверхности. С помощью разрывной машины Autograph определили прочностные характеристики. Часть образцов термостатировали во влажной среде в течение 30 суток для определения рН и бактериальной зараженности водной среды. Для установления наличия антимикробного эффекта на поверхности модифицированной кожи образцы помещали на 30 суток в питательную среду и визуально оценивали рост колоний МКО с помощью оптического и конфокального микроскопов.

Установлено, что обработка коллагенсодержащих материалов не дает длительного антимикробного эффекта. Образцы, прошедшие обработку, могут подавлять рост микроорганизмов только в течение 1-2-х лет. Также с истечением времени, у исследуемой кожи ослабевают прочностные характеристики и упругие свойства и наблюдается разволокнение, что позволяет проникать в толщу кожи различным микроорганизмам, приводящим к бактерицидному заражению.

1. ГОСТ 3674-74. Кожа хромовая для протезов и деталей музыкальных инструментов. Технические условия. – Взамен ГОСТ 3674-47; Введ. с 01.01.1976. – М.: ИПК Издательство стандартов, (1998).
2. Янгирова Р.Г. Особенности обработки изделий из натуральной кожи, Издательский центр ЮУрГУ, (2011).
3. Технические науки: от вопросов к решениям. / Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции, №2, г. Томск, 32, (2017).

ОКСИДНЫЕ ПОРОШКИ ZrO_2 - CeO_2 - Y_2O_3 ДЛЯ ПЛАЗМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ ТЕРМОСТОЙКИХ ТЕРМОБАРЬЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ

Верещагин А.О.^{*}, Обабков В.Н., Обабков Н.В., Машковцев М.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: Vereshchagin.A.O@yandex.ru

$ZrO_2 - CeO_2 - Y_2O_3$ OXIDE POWDERS FOR PLASMA DEPOSITION OF HEAT RESISTANT THERMO-BARRIER COATINGS

Vereshchagin A.O.^{*}, Obabkov V.N., Obabkov N.V., Mashkovtsev M.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

A study of the synthesis conditions of $ZrO_2 - CeO_2 - Y_2O_3$ powders with a controlled granulometric composition was made. As a result, it was found that the optimal conditions for the co-precipitation of zirconium, yttrium, cerium hydroxides to obtain $ZrO_2 - 17\% CeO_2 - 3\% Y_2O_3$ powders with target fraction of $50 - 100\ \mu m$ are: ammonia concentration of 13 mol/l, total metal concentration (Zr, Y, Ce) - 0.5 mol/l.

Для плазменного напыления термобарьерных покрытий чаще всего используют порошки на основе диоксида циркония. Диоксид циркония имеет несколько полиморфных модификаций, устойчивых в различных температурных интервалах: моноклинную, тетрагональную и кубическую. Наличие полиморфных превращений, сопровождающихся значительными изменениями объема циркониевой керамики в процессе нагрева и, особенно, охлаждения, приводит к ее разрушению. Исследования различных керамик частично стабилизированного диоксида циркония показали, что их термическая стойкость во многом определяется содержанием моноклинной фазы ZrO_2 в тетрагональной или кубической матрице[1].

В настоящей работе приведены результаты исследований по получению порошков $ZrO_2 - CeO_2 - Y_2O_3$ регулируемого гранулометрического состава. При помощи рентгеновского анализа было установлено, что по мере увеличения количества введенных добавок Y_2O_3 , CeO_2 происходит постепенный переход моноклинной фазы в тетрагональную (рис.1). Причем стабилизирующее действие оксида иттрия выражено сильнее, чем оксида церия. На основании полученных данных для исследований влияния условий осаждения гидроксидов на гранулометрический состав порошков, был выбран состав $ZrO_2 - 3\%Y_2O_3 - 17\%CeO_2$, который имеет оптимальное для плазменного напыления термостойких покрытий соотношение количества моноклинной к тетрагональной фаз равное 5% / 95%.

Посредством выполнения полного факторного анализа определено что, оптимальными условиями соосаждения гидроксидов циркония, иттрия, церия для максимального выхода целевой фракции 50 – 100 мкм являются: концентрация аммиака 13 моль/л, суммарная концентрация металлов (Zr, Y, Ce) – 0,5 моль/л. Влияние концентраций металлов (Zr, Y, Ce) и аммиака на гранулометрический состав может быть связано с различным пресыщением растворов, а также с взаимовлиянием компонентов (Zr, Y, Ce) на их поведение при формировании структуры и свойств осадка совместно осажденного гидроксида

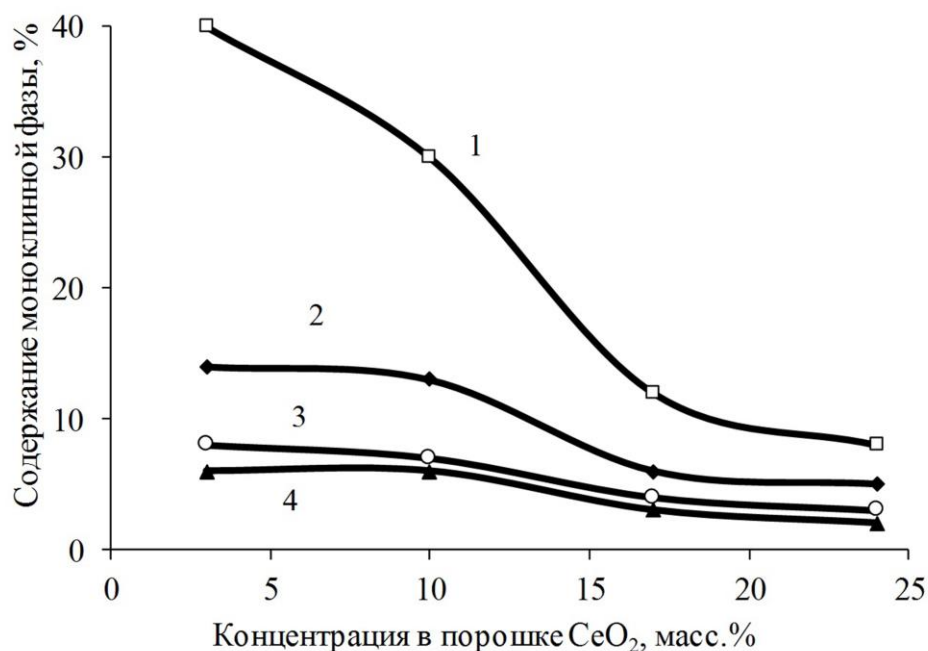


Рис. 1. Влияние состава порошков $\text{ZrO}_2 - \text{CeO}_2 - \text{Y}_2\text{O}_3$ на содержание моноклинной фазы: 1 - 1% Y_2O_3 ; 2 - 3% Y_2O_3 ; 3 - 5% Y_2O_3 ; 4 - 7% Y_2O_3 .

1. Девойно О.Г., Оковитый В.В., Наука и техника, 6, 3-8 (2013).

ХАРАКТЕРИСТИКИ РАДИАЦИОННОЙ ПОРИСТОСТИ, ОБРАЗУЮЩЕЙСЯ В СТАЛИ X18N9 ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ РЕАКТОРНОМ ОБЛУЧЕНИИ

Портных М.А.¹, Панченко В.Л.²

¹) Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

²) АО «Институт реакторных материалов», г.Заречный, Сverdlovsk Region, Russia

*E-mail: mactep.mihail@gmail.com

THE CHARACTERISTICS OF RADIATION POROSITY FORMED IN 18Cr-9Ni STEEL UNDER LONGTERM REACTOR IRRADIATION

Portnykh M.A.¹, Panchenko V.L.²

¹) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

²) SUE "Institute of Nuclear Materials", Zarechny, Sverdlovsk Region, Russia

Одним из основных направлений повышения экономической эффективности атомных электростанций является увеличение ресурса энергоблоков, который при проектировании составлял всего 30 лет. Этому препятствует происходящее под действием нейтронного облучения ухудшение механических свойств материалов внутри корпусных устройств (далее ВКУ), связанное с вызванными облучением изменениями их структуры. Одним из таких изменений является радиационное распухание – образование в материале пор [1], что приводит к увеличению объема конструкций, охрупчиванию материала и снижению прочности [2].

Изучение закономерностей образования и эволюции радиационных пор и их влияния на физико-механические свойства материалов внутриреакторных конструкций является актуальной задачей.

Целью данной работы является определить характеристики радиационной пористости, сформировавшейся в материале одного из элементов ВКУ реактора БН-600 в процессе длительной эксплуатации, а также выявить связь этих характеристик с температурой и дозой нейтронного облучения.

Исследования проводились на материале толстостенной трубы из стали X18N9, аналогичной материалу корпуса реактора. После извлечения из реактора после 33 лет эксплуатации, из участков труб, облученных до различных доз при разных температурах, были изготовлены образцы для электронно-микроскопических исследований. На них методами ПЭМ на электронном микроскопе JEM-2000 EX были получены изображения микроструктуры.

На изображениях разных образцов были проведены измерения размеров пор, и с использованием программ Siam's Photolab и электронных таблиц MS Excel строились гистограммы распределения пор по размерам. Статистика измерений на одном образце составляла, в основном, от 1000 до 1500 пор. С по-

мощью пакета ORIGINЕ полученные мультимодальные распределения пор по размерам представлялись в виде суммы унимодальных распределений.

Сопоставление характеристик пористости образцов, облученных при различных температурах до разных доз, показало, что с ростом температуры и дозы размер пор увеличивается. Типичный вид микроструктуры с изображением пор приведен на рисунке 1.

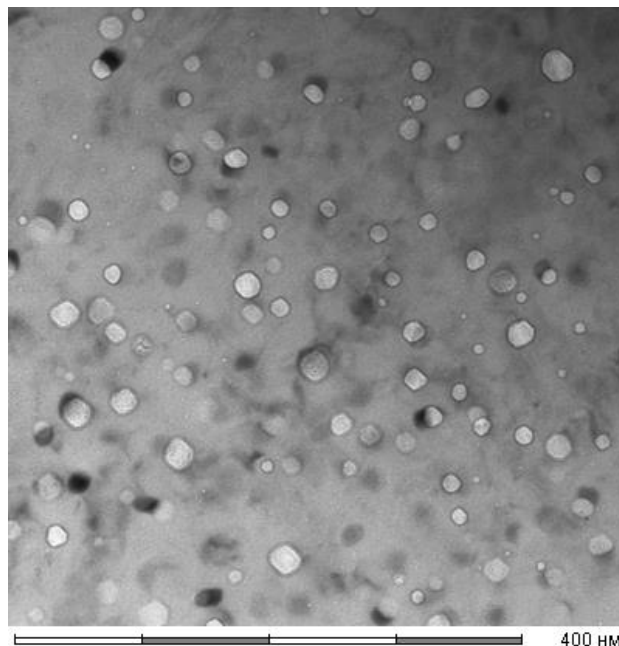


Рис. 1. Типичный вид пор в микроструктуре стали X18-N9, облученной в качестве материала ВКУ реактора БН-600 в течение 33 лет

1. Зеленский В.Ф., Неклюдов И.М. ВАНТ. Сер. Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение. 1984. Вып.1(29), 2(30). С.46-73.
2. Козлов А.В., Портных И.А., Брюшкова С.В., Кинев Е.А. Физика металлов и металловедение, 2003. Т. 95. № 4. С. 87-97.

ВЛИЯНИЕ СОЛЕВЫХ И ЩЕЛОЧНЫХ ПРИМЕСЕЙ НА ВЛАГОПЕРЕХОД ЛЕД-ПЕСОК ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Егочина В.И.^{*}, Копосов Г.Д.

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова,
г. Архангельск, Россия

*E-mail: veronika131313@inbox.ru

INFLUENCE OF SALT AND ALKALINE IMPURITIES ON THE TRANSITION OF WATER THE ICE-SAND AT LOW TEMPERATURES

Egochina V.I.^{*}, Koposov G.D.

Northern (Arctic) Federal University, Arkhangelsk, Russia

The work presents the results of research on the influence of salt and alkaline impurity on the moisture transition ice - sand at low temperatures. Concentration in the ice had value: 0.001%, 0.01%, 0.1%, 1 and 3.5%. The coefficient of increase in the moisture transition is given in the work. The results show a significant effect of impurity on moisture transfer rate.

При исследованиях влагоперехода было установлено влияние температуры на скорость перехода. Вместе тем необходимы исследования по выявлению влияний возмущений кристаллической решетки на переход влаги по вектору "лед-грунт". Одним из таких возмущений являются солевые и щелочные примеси. Первые результаты, полученные при температуре -24°C были представлены в работе [1] для примесей NaOH и NaCl . Далее в работе [2] исследование было продолжено при температурах -10 и -15°C для примеси KCl . Исследования проводились для различных весовых концентрациях: 3,5%; 1%; 0,1%; 0,01% и 0,001%.

Показателем эффективности действия примеси на влагопереход является отношение массы воды, поглощенной дисперсной средой при наличии примеси

$$\Delta m(C) \text{ к поглощенной влаге в отсутствии примеси } \Delta m(0), \text{ т.е. } \eta = \frac{\Delta m(C)}{\Delta m(0)}.$$

В таблице 1 представлены коэффициенты увеличения влагоперехода при $T=-15^{\circ}\text{C}$ для различных примесей и различных весовых концентрациях. Значения были получены через 200 часов после начала эксперимента.

Проведенные исследования позволили установить, что введенная в образец примесь активизирует процесс влагоперехода лед-песок, особенно при $C \geq 1\%$.

Подобные закономерности наблюдаются и при других измеренных температурах: $-5, -10, -15, -20^{\circ}\text{C}$.

Коэффициенты увеличения влагоперехода

концентрация	<i>NaOH</i>		<i>KOH</i>		<i>NaCl</i>		<i>KCl</i>	
	3,5%	1%	3,5%	1%	3,5%	1%	3,5%	1%
$\frac{\Delta m(C)}{\Delta m(0)}$	3,250	2,752	6,121	2,335	4,089	2,844	2,451	2,045

1. Тягунин А.В., Рюмина А.Н., Семакова А.А., Копосов Г.Д. Физический вестник Института естественных наук и технологий. – Выпуск 13 –С. 44 (2014)
2. Саламатов Е.А., Копосов Г.Д. Физический вестник Института естественных наук и технологий. Сборник трудов первой региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Выпуск 15 –С. 25 (2016)

УЛЬТРАДИСПЕРСНАЯ МОДИФИЦИРУЮЩАЯ ЦЕОЛИТОВАЯ ДОБАВКА ДЛЯ ГИПСОБЕТОНОВ

Филиппова К.Е., Егорова А.Д.

Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова,
г. Якутск, Россия

E-mail: kira_fill@mail.ru

ULTRAFINE MODIFYING ZEOLITE ADDITIVE FOR GYPSUM CONCRETE

Filippova K.E., Egorova A.D.

North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia

Ultrafine modifying additive obtained mechano-chemical activation of natural zeolite rocks and plasticizer dibutylphthalate. Shows the effect of additives on the properties and microstructure of gypsum concrete.

В предыдущих статьях авторов представлены технология получения цеолитсодержащей добавки, получаемой механохимической активацией тонкомолотых цеолитсодержащих горных пород месторождения Хонгуруу и пластификатора дибутилфталата, также изучены свойства и состав цеолитсодержащих горных пород. Доказано, что ультрадисперсная цеолитсодержащая добавка в первом приближении может быть рассмотрена как наномодификатор и имеет положительный эффект в тяжелых бетонах и растворах на цементных вяжущих. Также рассмотрено влияние ультрадисперсной цеолитсодержащей добавки на сроки схватывания и коэффициент размягчения гипсового вяжущего. Первоначальные исследования показывают возможность эффективного применения цеолитсодержащей добавки в помещениях с высокой относительной влажно-

стью воздуха, при этом качественно осуществить отделочные и декоративные работы. [1, 2]

В данной статье рассмотрены метрические анализы ультрадисперсного состояния цеолитсодержащей горной породы и влияние добавки на прочность, водостойкость, морозостойкость гипсобетонов. Составы образцов подобраны с учетом выводов предыдущих исследований и используя метод математического планирования эксперимента. Аналитика данных проведена с использованием различных программ и соотнесена с полученными данными микроструктуры гипсобетонов.

1. Impact of zeolite-based nanomodified additive on the structure and strength of the cement stone TSUAB2014 IOP Publishing IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 71 (2015) 012027 doi:10.1088/1757-899X/71/1/012027. <http://iopscience.iop.org/1757-899X/71/1/>.
2. Филиппова К.Е., Кулаковский В.А., Лукина Ю.Ю. Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 8. С. 38-41.

РАСЧЕТНЫЙ АНАЛИЗ РАДИАЦИОННО-ЗАЩИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ КОМПОЗИТОВ С ПОРОШКАМИ ОБЕДНЕННОГО УРАНА

Калабурдин А.В. *, Литовченко В.Ю., Ташлыков О.Л.

Уральский федеральный университета имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: rus.greentea@gmail.com

RADIATION SHIELDING ANALYSIS OF POLYETHYLENE COMPOSITES INCORPORATING DEPLETED URANIUM POWDER

Kalaburdin A.V. *, Litovchenko V.Yu., Tashlykov O.L.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Gamma-radiation and neutron attenuation was calculated for polyethylene radiation shielding materials incorporating depleted uranium powders at various concentrations. Monte-Carlo modeling and simulation was used for shielding evaluation. A comparative analysis of shielding efficiency was conducted for simulation and experimental data.

Оптимизация радиационной защиты является актуальной задачей в атомной промышленности. Это продемонстрировано в ряде работ [1].

Для снижения ресурсозатрат было предложено и обосновано использование нового, более эффективного наполнителя для полимерных радиационно-защитных материалов в виде обеднённого урана (DU, Depleted Uranium) [2].

В радиационной защите важными характеристиками защитных материалов являются высокие плотность материала и атомный номер. По сравнению с традиционными наполнителями DU обладает лучшими свойствами. В прежних работах DU был представлен в виде порошка в составе полимерных композитов [2]. В данной работе исследуются полиэтиленовые композиты с наполнителем из DU, описанные в работе [3].

В ходе исследований, проведённых ранее [3], не удалось достоверно определить экранирующие свойства материалов из-за высокой погрешности в измерениях. Цель данной работы – более точное определение экранирующих свойств радиационно-защитных материалов с DU при помощи моделирования на основе методов Монте-Карло, зарекомендовавшего себя в работе [4].

Расчётная модель включает сферический источник, приёмник, имитирующий человеческую ткань, и слой защитного материала между ними.

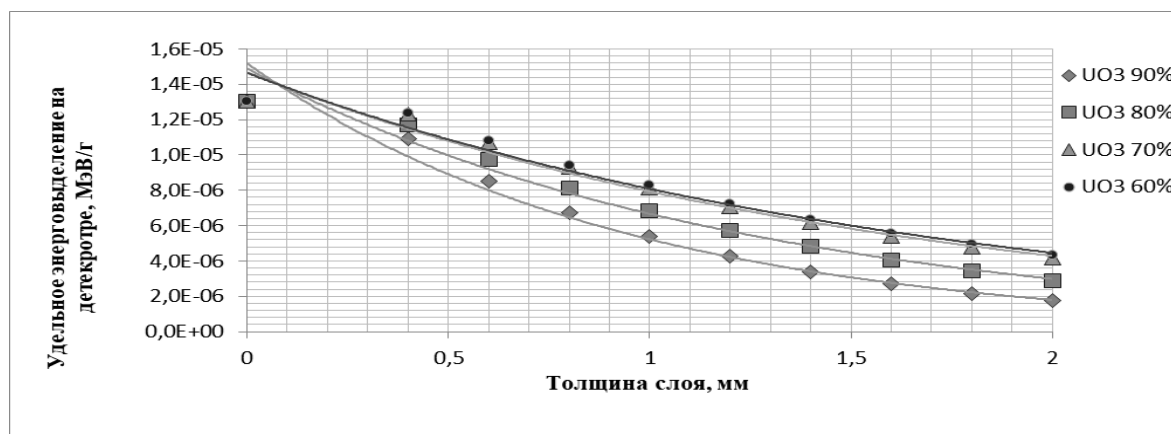


Рис. 1. Зависимость ослабления γ -излучения композитами UO_3 с различными концентрациями от толщины. Программа определяла энерговыделение по длине трека после прохождения γ -квантов через слой защиты

В ходе работы определены зависимости эффективности экранирования защитных материалов от толщины и концентрации наполнителя из DU. Аналитически установлен массовый коэффициент ослабления.

1. Russkikh I. M., Seleznev E. N., Tashlykov O. L., Shcheklein S. E., Physics of Atomic Nuclei, 12, 1451-1456 (2015).
2. Калабурдин А.В., Литовченко В.Ю., Ташлыков О.Л., Тезисы докладов IV Международной молодежной научной конференции (Секция 2): Физика. Технологии. Инновации ФТИ-2017, 259-260 (2017).
3. Kalb P. D., Adams J.W., Lageraen P.R., Rutenkroger S.P., Feasibility Study of DU-Poly to Recycle Depleted Uranium, Final Report, Brookhaven National Laboratory (1998).
4. Ташлыков О.Л., Щеклеин С.Е., Хомяков А.П., Русских И.М., Селезнев Е.Н., Глобальная ядерная безопасность, 2, 49 (2015).

СИНТЕЗ КЕРАМИЧЕСКИХ ВОЛОКОН ZrO_2 - Y_2O_3 МЕТОДОМ ПРОПИТКИ НЕТКАННОГО ВИСКОЗНОГО МАТЕРИАЛА

Закирова А.Ф.*, Закиров И.Ф., Обабков Н.В., Титова С.М.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: sulabadr@rambler.ru

THE SYNTHESIS OF CERAMIC ZrO_2 - Y_2O_3 FIBERS BY THE METHOD OF IMPREGNATION OF NONWOVEN VISCOSE MATERIAL

Zakirova A.F.*, Zakirov I.F., Obabkov N.V., Titova S.M.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The possibility of synthesis of ZrO_2 - Y_2O_3 ceramic fibers by means of impregnation of viscose material with solutions of zirconyl nitrate with the addition of yttrium nitrate and subsequent high - temperature roasting was considered. It was shown, that the efficiency of the formation of oxide fibers was largely determined by the concentration of the impregnating solution.

Армирование оксидными волокнами позволяет значительно улучшить прочностные характеристики керамических материалов. В качестве армирующих материалов для высокотемпературной керамики, работающей в агрессивных средах, наиболее эффективно использование оксидных волокон [1]. Существует несколько методов синтеза керамических оксидных волокон, например, метод экстракции, экструзии, золь-гель метод.

Одним из эффективных методов синтеза керамических волокон является метод адсорбции, заключающийся в пропитке природных или синтетических полимеров растворами солей металлов. В данной работе предложен способ получения керамических волокон состава ZrO_2 – Y_2O_3 методом пропитки нетканого вискозного материала водными растворами азотнокислых солей циркония и иттрия.

Рабочие растворы для пропитки с суммарной концентрацией циркония и иттрия $50 - 500$ г/дм³ (в пересчете на оксиды) готовили путем смешения растворов нитратов цирконила и иттрия. Для лучшего насыщения процесс пропитки нетканого материала проводили под вакуумом при комнатной температуре. Пропитанные образцы извлекали из рабочего раствора, сушили при температуре $80^\circ C$, затем обжигали в муфельной печи при температуре $1400^\circ C$ в течение 2 часов [2].

В результате проведенных исследований получены волокна ZrO_2 - Y_2O_3 длиной до 100 мкм, диаметром до 10 мкм.

Выявлено, что суммарная концентрация циркония и иттрия в пропитывающем растворе оказывает существенное влияние на процесс формообразования оксидных волокон. В данном случае для пропитки волокнистого нетканого вис-

козного материала наиболее предпочтительно применение растворов с суммарной концентрацией циркония и иттрия не более $50 - 75 \text{ г/дм}^3$ (в пересчете на оксиды). Микроструктура синтезированных волокон представлена на рисунке 1.

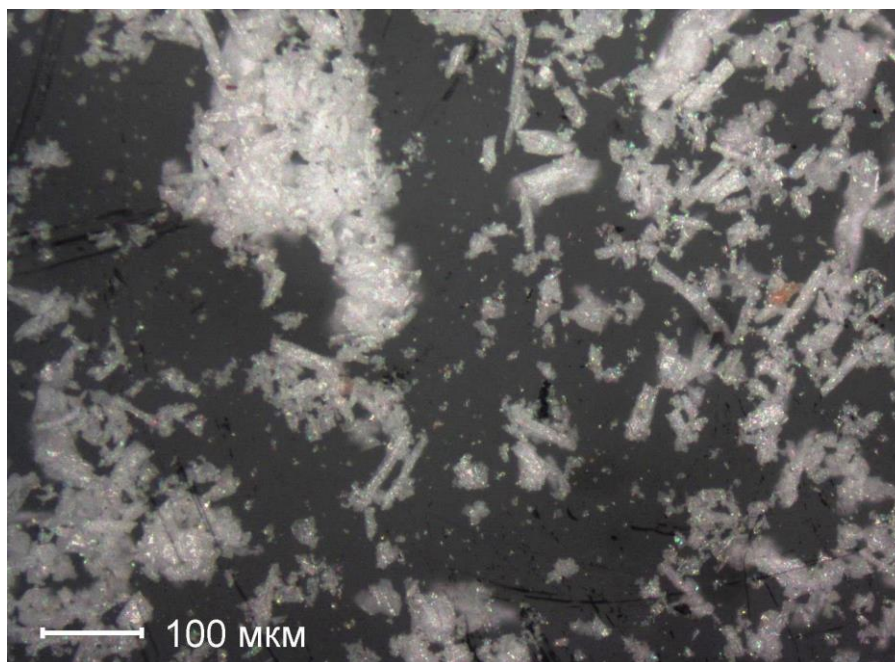


Рис.1. Микроструктура волокон синтезированных из нетканого вискозного материала

1. Михеев С.В. Керамические и композиционные материалы в авиационной технике. М.: Альтекс, 2002
2. Ермоленко И. Н. Волокнистые высоко-температурные керамические материалы. Минск : Наука и техника, 1991.

КОМПОЗИЦИОННЫЙ ЭЛЕКТРЕТНЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ ПОЛИЛАКТИДА И МОНТМОРИЛЛОНИТА

Гужова А.А. *, Галиханов М.Ф., Камалова Р.И., Минзагирова А.М.

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
г. Казань, Россия

*E-mail: alina_guzhova@mail.ru

COMPOSITE ELECTRET MATERIAL BASED ON POLYLACTIC ACID AND MONTOMORILLONITE

Guzhova A.A. *, Galikhanov M.F., Kamalova R.I., Minzagirova A.M.

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

Electret properties of the composite material based on polylactic acid and montmorillonite were studied. Addition of montmorillonite improved time stability of the charge in the polymer.

Электреты – это диэлектрики, способные длительное время сохранять поляризованное состояние после снятия внешнего воздействия, приведшего к поляризации [1]. Электретные материалы находят применение в различных отраслях промышленности (приборостроение, медицина, упаковка, нефтедобыча и др.). В настоящее время идет поиск новых полимерных материалов, как основы для создания электретов.

Изучение электретных свойств полилактида показало, что в чистом виде полимер не проявляет необходимых эксплуатационных характеристик [2], поэтому проводились поиски путей повышения стабильности заряда в полимере [2-4]. Самым эффективным способом оказалось создание на основе полилактида композиционного материала путем введения в него мелкодисперсного наполнителя. Хорошо себя показал аэросил, синтезируемый наноразмерный порошок. Было бы интересно рассмотреть и другие наноразмерные наполнители, например, монтмориллонит, добыча которого намного дешевле, чем получение аэросила.

Увеличение стабильности электретных свойств при введении наполнителя может быть вызвано целым рядом взаимосвязанных факторов. Во-первых, при наполнении мелкими твердыми частицами возникают новые структурные отклонения в полимерной матрице, которые могут выступать в качестве ловушек носителей заряда. Монтмориллонит, обладает большим значением удельной поверхности, а значит, при введении его в полимерную матрицу образуется протяженная граница раздела фаз полимер-наполнитель. Во-вторых, в гетерогенных системах, какой является система полимер-твердый наполнитель, наблюдается эффект Максвелла-Вагнера, заключающийся в поляризации на границе раздела фаз за счет разницы электропроводимостей компонентов системы. В-третьих, макромолекулы полимера адсорбируются на поверхности твердых частиц наполнителя, что снижает их мобильность и замедляет скорость релаксационных процессов.

1. Сесслер, Г. Электреты, Мир, (1983).
2. Guzhova, A., Yovcheva, T., Viraneva, A., Bulgarian Chemical Communications, 47, Special Issue B, 115 (2015).
3. Guzhova, A.A., Galikhanov, M.F. et al., AIP Conference Proceedings, 1767, 020009 (2016).
4. Guzhova, A.A., Galikhanov, M.F., Surface Engineering and Applied Electrochemistry, 3, 28 (2017).

ЭЛЕКТРОЛИТЫ НА ОСНОВЕ β'' -ГЛИНОЗЕМА

Анохина И.А., Анимица И.Е.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: irihechka24@yandex.ru

ELECTROLYTES BASED ON β'' - Al_2O_3

Anokhina I.A., Animitsa I.E.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The main problem of Li-ion batteries is their instability. To eliminate this drawback, we need to find an alternative to Li. Mg is a metal that attracts attention with its high exchange capacity and low cost compared to lithium. In our work, as a basis for solid electrolyte, we took a high-conductivity matrix of Na- β'' -alumina stabilized by MgO. Ion exchange was used to synthesize Mg- β'' -alumina. The structure and electrical properties of the samples were studied.

На сегодняшний день самые востребованные батареи в мобильных устройствах – это литий–ионные. Одна из основных проблем таких перезаряжаемых батарей их нестабильность. После многократных циклов разрядки/зарядки возникает падение электрохимической емкости. Необходимо найти альтернативу металлу литию, например, магний – металл, который привлекает внимание своей высокой обменной емкостью и низкой стоимостью по отношению к литию [1].

В нашей работе за основу твердого электролита мы взяли высокопроводящую кристаллическую матрицу Na- β'' -глинозема, стабилизированную MgO, в которой ионная проводимость обусловлена переносом ионов натрия. Высокая подвижность ионов натрия дает возможность замещения Na^+ другими одно-, двух-, трехвалентными катионами [2]. Было проведено полное замещение ионов натрия на катионы Mg^{2+} в структуре β'' -глинозема методом ионного обмена. После синтеза получили Mg- β'' -глинозем ($\text{Mg}_{1.505}\text{Al}_{10.33}\text{O}_{17}$). Полученный образец имеет схожую с исходной матрицей структуру Na- β'' -глинозема (ромбоэдрическую плотнейшую упаковку, с пространственной группой R-3m). Морфология поверхности образцов изучалась методом растровой электронной микроскопии в комбинации с энергодисперсионным рентгеновским микроанализом. На снимках прослеживалась слоистая структура зерна, что характерно для материалов класса β'' -глинозема. Исследование морфологии порошкового образца не выявило наличия примесных фаз, наблюдалось гомогенное распределение металлических компонентов.

Для всех полученных составов были исследованы электрические свойства. Проводимость полученного Na- β'' -глинозема имеет величину 10^{-3} Ом при 25°C , в то время как Mg- β'' -глинозем имеет величину проводимости 10^{-5} Ом при той

же температуре. Дальнейшая оптимизация транспортных характеристик твердых электролитов Mg-β"-глиноземов осуществлена при создании различных композиционных материалов.

1. Mohtadi R., Mizuno F., Magnesium batteries: Current state of the art, issues and future perspectives // Beilstein J. Nanotechnol. – 2014. – V. 5. – P. 1291–1311.
2. Иванов-Шиц А. К., Мурин И. В. Ионика твердого тела // Издательство Санкт-Петербургского университета. – 2000. – Т. 1. – С. 448–488.

КОМПОЗИЦИОННЫЕ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ СЕМЕЙСТВА LAMOX

Николаева М.М., Партин Г.С., Корона Д.В., Кочетова Н.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: marianna.nikolaeva.94@mail.ru

COMPOSITE ELECTROLYTIC MATERIALS BASED ON LAMOX FAMILY Nikolaeva M.M., Partin G.S., Korona D.V., Kochetova N.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

An improvement of electric properties of oxygen-ionic conductor $\text{La}_2\text{Mo}_2\text{O}_9$ by addition of $\text{La}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ heterogeneous dopant is studied. It is shown that the total conductivity of the composite sample increases in a wide temperature interval due to a special character of a microstructure of the composite.

Семейство соединений LAMOX вызывает интерес исследователей как перспективный класс кислородно-ионных проводников для применения в качестве твердых электролитов в твердооксидных топливных элементах (ТОТЭ). Димолибдат лантана $\text{La}_2\text{Mo}_2\text{O}_9$ характеризуется наличием собственных вакансий кислорода в структуре, что обеспечивает его проводящие свойства. При температуре по разным данным 540-580°C происходит фазовый переход (из моноклинной α-фазы в кубическую β-фазу со структурой типа β-SnWO₄, сопровождающийся существенным увеличением электропроводности. Так, β-фаза $\text{La}_2\text{Mo}_2\text{O}_9$ демонстрирует значения ионной проводимости $\sim 1 \cdot 10^{-2}$ См/см при 800°C, что сравнимо с проводимостью для допированного оксида циркония. Изо- и гетеровалентные замещения в катионных подрешетках La и/или Mo позволяют в ряде случаев решить проблему стабилизации высокопроводящей β-фазы [1]. Другой подход к улучшению функциональных свойств – это создание композиционных материалов (метод гетерогенного допирования).

Целью данной работы являлось изучение влияния гетерогенной добавки $\text{La}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ на электрические свойства $\text{La}_2\text{Mo}_2\text{O}_9$.

Композиционный образец, содержащий 20 мол.% добавки, состава $0.8\text{La}_2\text{Mo}_2\text{O}_9 \cdot 0.2\text{La}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ был получен *in situ* в процессе одновременного твердофазного синтеза компонентов из исходных оксидов металлов La_2O_3 , MoO_3 , TiO_2 в температурном интервале 650–1160°C. Фазовый состав продуктов синтеза был установлен методом РФА (Bruker D8 ADVANCE), доказано, что образец состоит из двух отдельных фаз $\text{La}_2\text{Mo}_2\text{O}_9$ и $\text{La}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$.

Электрические свойства были исследованы методом электрохимического импеданса (Elins Z-2000) в частотном диапазоне 100 Гц – 1 МГц при варьировании температуры $T=200\text{--}900^\circ\text{C}$. Показано, что гетерогенное допирование $\text{La}_2\text{Mo}_2\text{O}_9$ добавкой $\text{La}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ при обработке керамики на температуре 1160°C приводит к увеличению общей электропроводности на 0.5 порядка величины в широком интервале температур (Рис.1), в данной системе наблюдается композитный эффект, обусловленный, вероятно, особым характером микроструктуры композиционной керамики.

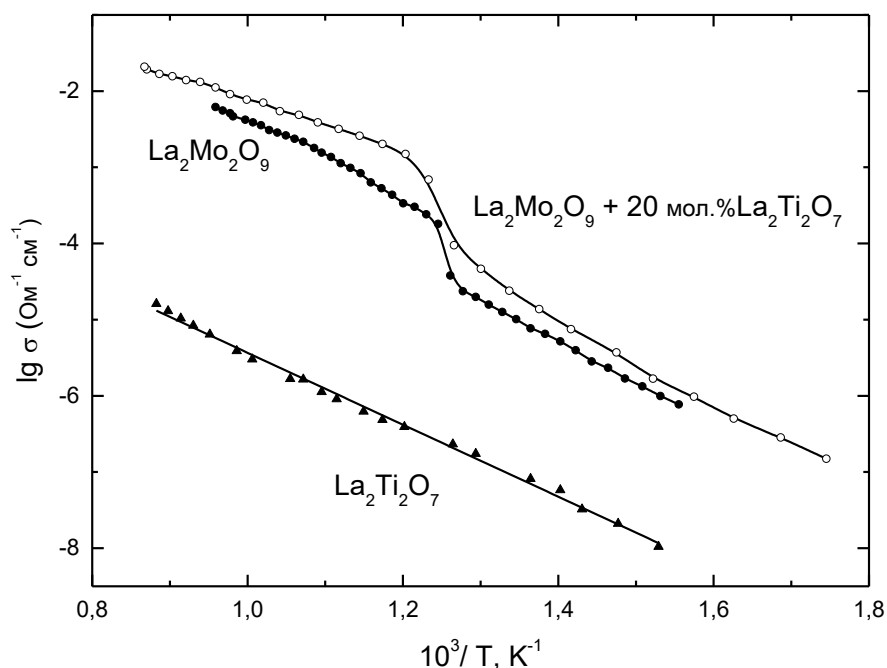


Рис. 1. Температурные зависимости общей проводимости образца $0.8\text{La}_2\text{Mo}_2\text{O}_9 \cdot 0.2\text{La}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ и индивидуальных веществ

1. Marrero-Lopez D., Canales-Vazquez J., Zhou W. et al. // J. Solid State Chem. V. 179. P. 278 (2006)

**ПОЛУЧЕНИЕ НОВЫХ СРЕДНЕТЕМПЕРАТУРНЫХ ПРОТОННЫХ
ПРОВОДНИКОВ НА ОСНОВЕ ЦИРКОНАТА ЛАНТАНА-ЛИТИЯ
 $\text{Li}_{7-x}\text{H}_x\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$ МЕТОДОМ ИОННОГО ОБМЕНА**

Удачин В.И., Анимитца И.Е.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

**THE PROCESS OF MAKING NEW INTERMEDIATE TEMPERATURE
PROTON CONDUCTORS THAT BASED ON LITHIUM LANTHANUM
ZIRCONATE $\text{Li}_{7-x}\text{H}_x\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$ VIA AN ION EXCHANGE**

Udachin V.U., Animitsa I.E.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Nowadays the process of searching for the new solid proton electrolytes with high proton conductivity at intermediate temperatures (200–600 °C) is actively developing due to the commercialization of fuel cell technologies. Here we present new materials with high proton conductivity that based on lithium lanthanum zirconate with the general chemical formula $\text{Li}_{7-x}\text{H}_x\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$. New materials were made via an ion exchange process between lithium lanthanum zirconate $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$ and solutions of acids.

Процесс коммерциализации систем альтернативных источников энергии, таких как твёрдооксидные топливные элементы, работающих на водороде (H-SOFCs), во многом зависит от увеличения эффективности работы таких систем. Эффективность топливного элемента определяется рабочей температурой твёрдого электролита. В настоящее время ведётся активная разработка новых среднетемпературных твёрдых протонных проводников (СТПП), показывающих высокие значения протонной проводимости в среднем интервале температур (200 – 600 °C).

Для получения высокопроводящих протонных проводников используется метод замещения катионов щелочных металлов Me^+ сложнооксидных высокопроводящих электролитов на ионы водорода. Протоны могут быть введены в сложнооксидную матрицу из воды или из водных растворов кислот.

В качестве кристаллической матрицы для синтеза СТПП был выбран цирконат лантана-лития $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$, обладающий гранатоподобной структурой и характеризующийся самой высокой проводимостью по литию в области средних температур [1, 2].

Цирконат лантана-лития $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$ был получен методом твердофазного синтеза из исходных компонентов Li_2CO_3 , La_2O_3 и ZrO_2 , взятых в стехиометрическом соотношении, за исключением Li_2CO_3 , взятого с 10% избытком [2].

В результате реакций ионного обмена между кристаллической матрицей $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$ и кислотой было проведено замещение ионов лития на ионы водорода. Синтез образца $\text{Li}_{5,9}\text{H}_{1,1}\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$ проводили в 0.1 М растворе уксусной кислоты в течение 4 дней при температуре 60°C. Синтез образца $\text{Li}_{6,1}\text{H}_{0,9}\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$ проводили в 1 М растворе уксусной кислоты в течение 20 дней при температуре 60°C. Синтез образца $\text{Li}_{3,3}\text{H}_{3,7}\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$ проводили в 0.1 М растворе азотной кислоты в течение 4 дней при температуре 60°C.

Методом термогравиметрии были определены степень замещения лития на протоны и температурные интервалы процессов дегидратации. Методом рентгенофазового анализа была подтверждена однофазность полученных образцов. Методом ИК-спектроскопии были определены состояния кислородно-водородных групп в гидратированных фазах. Установлено, что для образцов $\text{Li}_{5,9}\text{H}_{1,1}\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$ и $\text{Li}_{6,1}\text{H}_{0,9}\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$ характерно наличие в составе примесной фазы гидроксида лития LiOH , которая не детектируется с помощью рентгенофазового анализа. Для образца $\text{Li}_{3,3}\text{H}_{3,7}\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$ наличие в составе примесной фазы гидроксида лития LiOH нехарактерно. Исследование температурной зависимости электропроводности кристаллической матрицы $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$ и гидратированных образцов $\text{Li}_{3,3}\text{H}_{3,7}\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$, $\text{Li}_{5,9}\text{H}_{1,1}\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$, $\text{Li}_{6,1}\text{H}_{0,9}\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$ было проведено методом электрохимического импеданса.

1. R. Murugan, V. Thangadurai, W. Weppner, *Angewandte Chemie International Edition*, 46, 7778-7781, (2007).
2. Е. А. Ильина, Б. Д. Антонов, Н. Н. Баталов, Актуальные проблемы и перспективы развития литиевых ХИТ: Материалы научно-практической конференции. – 17-19 сентября, 168-171, (2012).

INVESTIGATION OF STRUCTURE AND TRANSPORT PROPERTIES OF SOLID SOLUTION $\text{LaAl}_{1-x}\text{Zn}_x\text{O}_{3-1/2x}$

Obrubova A.V., Salikhova G.R., Animitsa I.E.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

E-mail: anastasia.obrubova@urfu.ru

Oxygen ion conductors are components of many solid electrochemical devices such as oxygen sensors, electrolytes and electrodes of solid oxide fuel cells, oxygen-permeating membranes etc. Solid electrolytes for SOFCs have been focused on compounds with perovskite-type structure (ABO_3). To search for a new electrolyte with higher conductivity and stability, these compounds have received much attention because their unique structure is very tolerant of various sizes of cations at both A and B cation sublattices [1]. Many investigations shown that the substitution of divalent cations, like Ca, Sr, Ba, and/or Al, In etc. for cation on the A and/or B sublattice effec-

tively enhances the oxide ion conductivity. Due to formation of the carbonates of alkaline-earth elements, materials can be degraded. However, materials, substituted of Zn can have stability in carbon dioxide and high temperature.

The doped LaAlO_3 system is a promising material to decide problems due to stability in these conditions. Systems based on LaAlO_3 can possibly become good ionic or mixed conductors by adding suitable dopants [2]. Although there are some results on the conductivity of doped- LaAlO_3 systems, complex investigations are still lacking.

This paper devoted to the investigation of structure and transport properties of zincate-doped LaAlO_3 . The samples $\text{LaAl}_{1-x}\text{Zn}_x\text{O}_{3-1/2x}$ ($x=0.05, 0.1, 0.15, 0.5, 1/3, 2/3$) were synthesized using the solid-state reaction method. The stoichiometric ratio of La_2O_3 , Al_2O_3 , ZnO were weighed and ball-milled with ethanol. Synthesis was carried out with stepwise temperature increase to 100° increments in the range of $700\text{--}1200^\circ\text{C}$.

The crystal structures of samples were determined through Rietveld refinement. Pure LaAlO_3 is rhombohedral at room temperature investigated with a phase transition at 450°C to cubic [2, 3]. Solid solutions $\text{LaAl}_{1-x}\text{Zn}_x\text{O}_{3-1/2x}$ ($x=0.05, 0.1$) are characterized by cubic structure with space group $Pm\bar{3}m$.

To investigate the effect of bivalent cations on the ionic conductivity, the conductivity of doped LaAlO_3 samples measured using the impedance method. The electrical conductivity of sintered samples was then measured as a function of temperature from 473 to 1273K in air, and as a function of concentration of various dopants. Although all of these values are significantly higher than undoped LaAlO_3 [1], sample of 10% Zn-doped show highest conductivity.

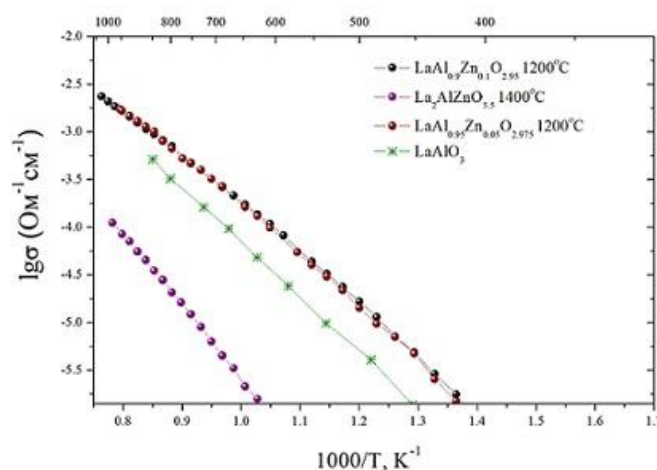


Fig. 1. The electrical conductivity of $\text{LaAl}_{1-x}\text{Zn}_x\text{O}_{3-1/2x}$ in air obtained from impedance data. Open symbols are the measurements in wet air.

1. Chen T.-Y., Fung K.-Z., Journal of Power Sources, 132, 1–10 (2004)
2. Lybye D., Poulsen F.W., Mogensen M., Solid State Ionics, 128, 91–103 (2000)
3. Deren P.J. et al., Journal of Solid State Chemistry, 183, 2095–2100 (2010)

ПОСТРОЕНИЕ ДИАГРАММЫ «ВРЕМЯ – ТЕМПЕРАТУРА – ФАЗОВАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ» ДЛЯ СПЛАВА ХН62М

Дедов К.В.^{1*}, Асеев М.А.², Гибадуллина А.Ф.¹, Пантюхин А.П.²,
Жиляков А.Ю.¹, Половов И.Б.¹, Беликов С.В.¹, Шевакин А.Ф.², Ребрин О.И.¹

¹⁾ Уральский федеральный университет имени первого Президента
России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

²⁾ ФГУП «Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии
имени И.П.Бардина», г. Москва, Россия

*E-mail: kdedof@mail.ru

CONSTRUCTION OF «TIME – TEMPERATURE – PRECIPITATION» DIAGRAM FOR KHN62M ALLOY WITH LOW CARBON CONTENT

Dedov K.V.^{1*}, Aseev M.A.², Gibadullina A.F.¹, Pantyukhin A.P.²,
Zhilyakov A.Yu.¹, Polovov I.B.¹, Belikov S.V.², Shevakin A.F.², Rebrin O.I.¹

¹⁾ Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

²⁾ FSUE I.P. Bardin Central Research Institute for Ferrous Metallurgy, Moscow, Russia

The thermal stability of KhN63M alloy with low carbon content was investigated. It was shown that formation of carbide phases does not take place. Phase structure of excessive carbide phases was characterized. The constructed «time – temperature – precipitation» diagram allows to determine the maximal temperature and time of alloy's operation in contact with molten salts.

Ядерно-энергетические установки, работающие на быстрых нейтронах с активной зоной и теплоносителем в виде солевого расплава, относятся к совершенно новому поколению безопасных ядерных реакторов. Однако внедрение подобных установок на основе расплавленных солей в реальные технологические процессы сдерживается рядом проблем, одной из которых является отсутствие конструкционных материалов, сохраняющих стойкость в крайне агрессивных условиях.

Для решения данной задачи ФГУП «Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии имени И.П. Бардина» был разработан и изготовлен отечественный коррозионностойкий сплав на основе системы «Ni-Cr-Mo» с целью рассмотрения его в качестве конструкционного материала, контактирующего с расплавленными солями. В настоящей работе осуществлено исследование его термокинетической стабильности с позиции устойчивости аустенитной матрицы на основе γ -твердого раствора в широком температурном интервале.

Оценка кинетики образования выделения избыточных фаз и их морфологии возможна при искусственном старении сплавов и последующем построении диаграммы «температура – время – сенсibilизация» (рисунок 1). Для построения данных диаграмм нами использован способ металлографического анализа с

помощью просвечивающей электронной микроскопии образцов, состаренных при различных температурах и времени выдержки. Данный метод имеет существенное преимущество перед косвенными способами построения С-образных диаграмм, так как однозначно характеризует процесс выделения избыточных фаз.

Показано, что в ходе термического старения образования карбидных фаз по границам зерен не происходит, что должно положительно сказаться на коррозионной стойкости материала. Формирование цепочечных (черные точки, рис. 1) и коагулированных цепочечных (серые точки, рисунок 1) интерметаллидных фаз отмечено в диапазоне температур от 600 до 1000 °С. Методом просвечивающей электронной микроскопии показано, что зернограницные выделения представляют собой сигма-фазу.

Построенная диаграмма позволяет подобрать максимальные температуры эксплуатации материала и оценить температурно-временные условия охлаждения материала после проведения гомогенизирующего отжига

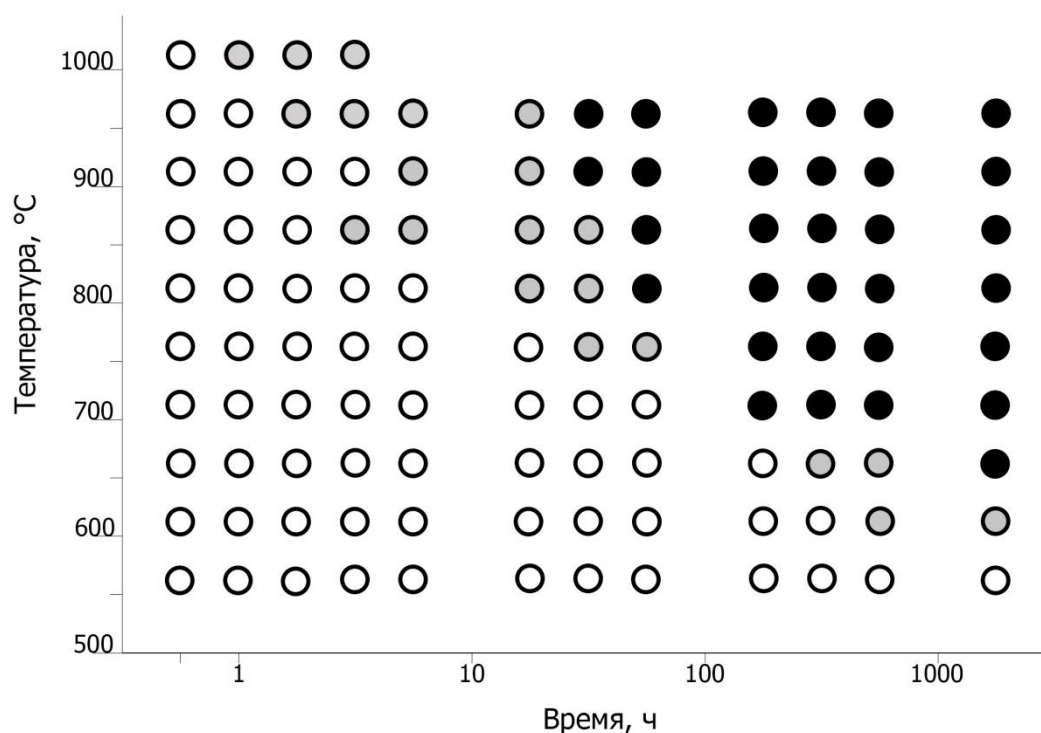


Рис. 1. Диаграмма «время – температура – фазовый состав» для модифицированного сплава ХН63М с пониженным содержанием углерода.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИГИЕНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОРИСТЫХ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ПЛЕНОК, НАПОЛНЕННЫХ CaCO_3

Гаврилов М.Д.*, Вишневская О.В., Харапудько Ю.В., Карноухов А.Е.,
Самигуллина К.Р., Кашапова А.Р., Вознесенский Э.Ф.

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
г. Казань, Россия

*E-mail: M1shal16kazan@mail.ru

RESEARCH OF HYGIENIC PROPERTIES OF POROUS POLYETHYLENE FILMS WITH CaCO_3

Gavrilov M.D. *, Vishnevskaya O.V., Kharapudko Y.V., Karnoukhov A.E.,
Samigullina K.R., Kashapova A.R., Voznesensky E.F.

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

The complex of hygienic properties of polymeric polyethylene (PE) films with mineral filler CaCO_3 is experimentally investigated.

Основным применением полимерных пленок с минеральным наполнителем является гигиеническая продукция (подгузники для взрослых и детей). В связи с этим, полимерные материалы для данных изделий должны обладать комплексом улучшенных гигиенических свойств. Наиболее значимыми параметрами гигиенических свойств являются: паро- и воздухопроницаемость, а также водонепроницаемость.

В качестве объектов исследования использовались пористые трехслойные ПЭ пленки с минеральным наполнителем CaCO_3 (не более 70% по массе) производства группы компаний «Данафлекс», г. Казань. Образцы отличались способом обработки и типом наполнителя.

Паропроницаемость и влагопоглощение ПЭ пленок определялись по ГОСТ 22900-78 в неизотермических условиях при температуре $32 \pm 2^\circ\text{C}$ в течение 24 часов [1].

Воздухопроницаемость ПЭ пленок определялась по стандарту ASTM D737 с помощью прибора A0002D Digital производства IDM Instruments, Австралия при давлении 200 Па, рабочей площади образца 38 см^2 [2].

В результате проведенных исследований комплекса гигиенических свойств ПЭ пленок с минеральным наполнителем, можно сделать следующие выводы:

1. ПЭ пленки с минеральным наполнителем имеют паропроницаемость, не превышающую 2 кг/м^2 за 24 часа.

2. При невысокой паропроницаемости, ПЭ пленки с минеральным наполнителем имеют высокие значения влагопоглощения, благодаря наличию эллипсоидных пор, которые способствуют впитыванию большого количества влаги.

3. Значения воздухопроницаемости исследуемых ПЭ пленок с минеральным наполнителем согласуются со значениями паропроницаемости и не превышают 0,6 мм/с при давлении 200 Па.

4. При удовлетворительных значениях водоупорности ПЭ пленок с минеральным наполнителем не превышающих 11,2 кПа, отрицательным эффектом является деструкция пленок при достижении максимальных значений водоупорности.

1. Ибрагимов Р. Г, Э. Ф. Вознесенский Э. Ф, Вишневская О. В. Влияние плазменной модификации на гигиенические свойства текстильных материалов с мембранным покрытием / Сборник тезисов. – Казань: Изд-во «Отечество». 179 (2017)
2. Ибрагимов Р. Г. Вишневская О. В, Вишневский В. В., Осипов Н. В.. Исследование воздухопроницаемости материалов с мембранным покрытием для пошива специальной одежды работников нефтедобывающей и перерабатывающей промышленности. Р. Г. Ибрагимов, Сборник материалов конференции. — Нижнекамск: Изд-во НХТИ. 126-129 (2016).

ВЛИЯНИЕ ЦИНКА НА КОРРОЗИЮ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В УРАНСОДЕРЖАЩИХ ХЛОРИДНЫХ РАСПЛАВАХ

Дедов К.В., Мальцев Д.С., Волкович В.А., Карпов В.В., Абрамов А.В. *,
Половов И.Б., Ребрин О.И.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: abramov.urfu@mail.ru

EFFECT OF ZINC ON THE CORROSION OF STRUCTURAL MATERIALS IN CHLORIDE MELTS CONTAINING URANIUM

Dedov K.V., Maltsev D.S, Volkovich V.A., Karpov V.V., Abramov A.V. *,
Polovov I.B., Rebrin O.I.

Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

Corrosion resistance of ferritic-martensitic 16Kh12MVSFBR steel was studied in fused KCl–LiCl mixtures containing uranium(III) chloride in the presence of metallic zinc. The rate and the mechanism of the corrosion of the material studied were determined. The processes taking place during the interaction between the steel and the melt and zinc were investigated.

Хлоридные солевые системы на основе KCl–LiCl–UCl₃ являются перспективными средами для организации пирохимической технологии переработки

облученного ядерного топлива. Ряд разрабатываемых технологических схем предполагает операцию растворения оболочек ТВЭЛОВ в жидком цинке. В результате существует вероятность попадания цинка в технологические солевые электролиты, используемые на стадии электрорафинирования ОЯТ. Присутствие цинка может повлиять на коррозионную стойкость конструкционных материалов, поэтому целью настоящей работы являлось исследование влияния цинка на коррозионную стойкость конструкционных материалов в солевом расплаве $KCl-LiCl-UCl_3$.

В качестве конструкционного материала использовали ферритно-мартенситную сталь 16X12МВСФБР. Коррозионные исследования проводили при 500 и 650 °С. Уран в расплав вводили в виде трихлорида, содержание урана в электролите составляло 1 мол. %. Исходное содержание цинка не превышало 0.2 мас. %.

Полученные результаты показали, что присутствие цинка в солевом электролите привело к значительному увеличению скорости коррозии образцов данной стали и изменению механизма коррозии. В присутствии цинка наблюдали развитие межкристаллитной коррозии, глубина проникновения после 100 ч контакта с расплавом при 650 °С составляла 50–60 мкм. Вдоль границ зерен было обнаружено значительное количество цинка, что указывает на его роль в качестве инициатора коррозии. Кроме того, металлический цинк выступает в качестве растворителя самой стали, что приводит к потере её коррозионной стойкости.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕТОННЫХ ОБРАЗЦОВ УСИЛЕННЫХ КОМПОЗИТНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ В УСЛОВИЯХ ДЕЙСТВИЯ НИЗКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ

Хрюкин А.А.*

Северо-Восточный федеральный университет им. М. К. Аммосова, Россия, г. Якутск

*E-mail: hr-art@mail.ru

EXPERIMENTAL ASSESSMENT STRENGTH CHARACTERISTICS CFRP- STRENGTHENED REINFORCED CONCRETE SAMPLES IN LOW TEMPERATURE CONDITIONS

Khryukin A.A.*

North-Eastern Federal University, Russia

This article discusses the prerequisites experimental assessment strength characteristics cfrp-strengthened reinforced concrete samples in low temperature conditions

В настоящее время для усиления железобетонных мостов широко используются композитные материалы. Углеродная ткань, приклеенная с помощью эпоксидного клея на поверхность усиливаемой железобетонной или бетонной конструкции позволяет увеличить ее несущую способность, за счет включения ткани в совместную работу с основным материалом.

В целях изучения влияния попеременного замораживания и оттаивания на изменение прочности и деформативности изгибаемых бетонных элементов, усиленных углеволоконной тканью, были осуществлены экспериментальные исследования.

В исследовании использовались бетонные образцы, усиленные углеродной тканью, которые были подвергнуты циклам заморозки/оттайки в климатической камере с замораживанием до -30°C . с последующим разрушением на гидравлическом прессе. Результаты экспериментов показали, что прочность усиленных образцов после 12 циклов заморозки/оттайки не изменилась. К этим же выводам приходят исследователи Р. Burke, L.A. Bisby, M.F. Green Университета Куинс в Канаде, утверждающие, что нет каких-либо заметных негативных последствий от воздействия низкой температуры на производительность усиления углепластиком железобетонных плит с использованием либо эпоксидных, либо цементных адгезивных составов. [1]

Однако, следует обратить внимание на то, что в данном исследовании и в работе Канадских ученых температура замораживания образцов составляла не ниже -30°C . Такие условия не позволяют получить достаточно данных для полного представления модели работы железобетонных конструкций, усиленных композитными материалами, эксплуатируемых в суровых климатических условиях. [2]

В рамках работы необходимо произвести дополнительные экспериментальные опыты необходимые для оценки прочностных характеристик бетонных образцов усиленных композитными материалами в условиях действия экстремально низкой температуры.

1. Burke P.J., Bisby L.A., Green M.F., Structural performance of near surface mounted frp strengthened concrete slabs at elevated temperatures, Aslan FRP, Queen's University (2008).
2. Хрюкин А.А., Смолина М.В., Мониторинг эксплуатируемых в условиях низких температур железобетонных пролетных строений моста, усиленных полимерными композитами, ПРФН: сборник научных трудов XIV Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Изд-во ТПУ (2017).

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УГЛЕРОДА НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННОГО СПЛАВА НА ОСНОВЕ ВОЛЬФРАМА, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО СПЕКАНИЯ

Жарченкова М.И.^{1,2*}, Перфилов С.А.¹, Бланк В.Д.^{1,2}

¹⁾ Технологический институт сверхтвёрдых и новых углеродных материалов (ФГБНУ ТИСНУМ), г. Москва, г. Троицк, Россия

²⁾ Московский физико-технический институт, г. Долгопрудный, Россия

E-mail: zharchenkova@phystech.edu

THE INVESTIGATION OF CARBON CONTENT INFLUENCE ON MECHANICAL PROPERTIES OF TUNGSTEN ALLOY OBTAINED BY SPS-METHOD

Zharchenkova M.I.^{1,2*}, Perfilov S.A.¹, Blank V.D.^{1,2}

¹⁾ Technological Institute for Superhard and Novel Carbon Materials (FSBI TISNCM), Moscow, Troitsk, Russia

²⁾ Moscow Institute of Physics and Technology, Dolgoprudny, Russia

In this work the effect of carbon content in tungsten alloy supported with martensite-ageing dope is investigated. The alloy was obtained by spark plasma sintering (SPS) method and its composition was: 85% wt. W, 15% martensite-ageing dope. This composition was doped with 0,1 or 0,3% wt. of carbon component. Increase of carbon content up to 0,1% wt. resulted in durability and plasticity growth though further increase of carbon content up to 0,3% wt. resulted in growth of durability, but decrease of plasticity.

Широкое применение в современном машиностроении получили сплавы на основе вольфрама. Они обладают высокими значениями прочности, твердости, износостойкости, низким коэффициентом линейного расширения и др. Однако, главным недостатком таких сплавов является их хрупкость. Основные способы решения данной проблемы — это уменьшение размера зерна в сплаве (наноструктурирование) и изменение состава связки [1,2].

В данной работе был исследован сплав на основе вольфрама, полученный электроискровым спеканием (SPS). Это модифицированный метод горячего прессования, в котором за счёт импульсного электротока и эффекта плазмы разряда реализуется быстрый нагрев заготовок и сокращается время цикла. Таким образом, можно избежать рекристаллизации зёрен в сплаве.

Сплав легирован связкой на основе мартенситно-стареющей стали (МСС). Содержание молибдена, никеля и кобальта в таких сталях существенно повышает теплостойкость матрицы и интенсивность упрочнения при старении, которое способствует выделению интерметаллидных фаз. При увеличении содержания углерода в процессе изготовления в качестве упрочняющей фазы выступают карбиды легирующих элементов [4].

Целью данной работы являлось исследование влияния углерода на механические свойства сплавов на основе вольфрама с мартенситно-стареющей связкой, полученных методом электроискрового спекания (SPS).

Состав образцов в весовых процентах: 85% W–15 % МСС–0,1% С и 85% W–15 % МСС–0,3 % С. Исходные порошки вольфрама, железа, никеля, кобальта, молибдена, титана и углерода (алмаз с фракцией 3/2) были подвергнуты механоактивации. Полученную смесь спрессовывали в заготовку цилиндрической формы, которую помещали в пресс-форму для спекания в установке SPS «FUJI 632Lx». Время выдержки — 3 минуты, температура спекания — 1300, 1320 и 1350 °С при давлении в 27 МПа. Старение проводилось в трубчатой печи в атмосфере аргона при 500 °С в течение 2 часов.

В результате были исследованы физико-механические свойства сплавов до и после старения (плотность, твёрдость, прочность, пластичность). Методом рентгенофазового анализа установлены выделившиеся после старения карбидные и интерметаллидные структуры.

Для образцов после старения получены следующие экспериментальные данные. Повышение температуры спекания от 1300 °С до 1320 °С привело к возрастанию прочности и пластичности образцов, но при температуре 1350 °С происходит существенное снижение этих величин. Повышение концентрации углерода до 0,1 вес.% привело к улучшению прочностных характеристик, дальнейшее увеличение концентрации до 0,3 вес.% — к росту прочности, но понижению пластичности материала.

1. Muresan R., Riti-Minoc E., Prica C., M. e.a., Archives of Metallurgy and Materials, 57, 87 (2012).
2. Ding L., Xiang D.P., Li Y.Y. e.a., International Journal of Refractory Metals and Hard Materials, 33, 65 (2012).
3. Гольдштейн М.И., Специальные стали, Металлургия (1985).

РАССЕЯНИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ПОРОШКОВЫХ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СРЕДАХ С РАЗЛИЧНЫМ ПОКАЗАТЕЛЕМ ПРЕЛОМЛЕНИЯ

Тихонов Е.В.*, Лисенков В.В., Платонов В.В., Осипов В.В.

ИЭФ УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: tikhonov@iep.uran.ru

THE LASER RADIATION SCATTERING IN POWDER DIELECTRIC MEDIA WITH DIFFERENT REFRACTIVE INDEX

Tikhonov E.V., Lisenkov V.V., Platonov V.V., Osipov V.V.

IEP UB RAS, Yekaterinburg, Russia

The results of the investigation of interaction of radiation of a fiber laser with transparent dielectric powder media are reported. The main characteristics of the local maximum of radiation as a potential source of material destruction are given.

Метод лазерного испарения сегодня активно применяется для получения нанопорошков оксидов, используемых для синтеза керамик. В ИЭФ УрО РАН нанопорошки получают при помощи импульсно-периодического CO₂-лазера ($\lambda=10,6$ мкм) и непрерывных волоконных иттербиевых лазеров ($\lambda=1,07$ мкм). С помощью них были получены порошки Y₂O₃, Al₂O₃, YSZ и др. Эти материалы на $\lambda=10,6$ мкм непрозрачны, но на $\lambda=1,07$ мкм имеют высокую прозрачность. В последнем случае поглощение излучения зависит от концентрации в материале поглощающих дефектов. Важным фактором является и рассеивание лазерного излучения, зависящее от коэффициента преломления материала n . Например, CaF₂ и 1%Nd:Y₂O₃ имеют близкий показатель поглощения ($\sim 1-3 \cdot 10^{-3} \text{ см}^{-1}$), но разный n (1,43 для CaF₂ и 1,90 для Y₂O₃). При одинаковой мощности излучения волоконного лазера 600 Вт производительность получения нанопорошка 1%Nd:Y₂O₃ была 23г/час, а мишень из CaF₂ даже не испарялась.

В докладе приводятся результаты численного моделирования рассеяния излучения волоконного лазера в прозрачном прессованном порошке с размерами частиц $0,5 \div 4$ мкм при плотности упаковки $\sim 55\%$, и на одиночной частице. Расчёт производился для материалов с различным коэффициентом преломления n : MgF₂ (1,38), CaF₂ (1,43), Al₂O₃ (1,75), Y₂O₃ (1,90), YSZ (2,12). Интенсивность падающего лазерного излучения составляла $0,46 \text{ МВт/см}^2$.

Рассчитанное распределение поля, как для пористой мишени, так и для одиночной частицы имеет сложную структуру с локальными максимумами интенсивности излучения I , что обусловлено интерференцией излучения, его отражением и преломлением на границах частиц. Интенсивность излучения в этих максимумах зависит от диаметра частиц, их коэффициента преломления n и длины волны излучения λ . Например, для Y₂O₃ при $\lambda=1,07$ мкм увеличение

диаметра частицы с 1 мкм до 3 мкм приводит к периодическим скачкам I от 2 МВт/см² до 10 МВт/см². Максимальная величина I в локальных максимумах с ростом показателя преломления увеличивается. Например, для пористой мишени из CaF₂ ($n=1,43$) $I=6$ МВт/см², а для YSZ ($n=2,12$) $I=31$ МВт/см². При этом характерная глубина проникновения излучения вглубь CaF₂ составляет 17 мкм, а для YSZ из-за большего рассеивания – 11 мкм.

В прессованной мишени локальные максимумы могут приходиться на промежутки между частицами, на их поверхность или объём. Высокая интенсивность излучения в локальном максимуме способствует лучевому повреждению таких частиц. Полученные результаты позволяют объяснить, почему прессованный Y₂O₃ под воздействием 600Вт излучения волоконного лазера испаряется, а CaF₂ нет при близких теплофизических характеристиках.

Работа выполнена в рамках темы государственного задания №0389-2014-0027, а также при частичной поддержке грантом РФФИ № 17-08-00064 А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫТЕСНЕНИЕ НЕФТИ ИЗ ПОРИСТОЙ СРЕДЫ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРАФЕНОВОЙ СУСПЕНЗИИ

Пахаруков Ю.В., Шабиев Ф.К., Сафаргалиев Р.Ф.*

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

*E-mail: ruslan.safargaliev1993@mail.ru

A STUDY OF OIL DISPLACEMENT FROM THE POROUS MEDIUM USING THE GRAPHENE SUSPENSION

Pakharukov Y. V., Shabiev F. K., Safargaliev R. F.*

¹⁾Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

²⁾University of Tyumen, Tyumen, Russia

Discovered that the water suspension of graphite planar nanostructures at the interface oil-water, has the displacing capacity. In the experiment using the cell of Hele-Shaw that the process of displacement at the interface, do not form viscous fingers, as a result of the instability at the interface oil – water.

Известно, что большая часть нефтяных месторождений переходит на заключительную стадию разработки [1]. Для полноты вытеснения нефти из пласта применяют физико-химических методы воздействия на пласт совместно с его заводнением [2]. Считается, что наиболее эффективным является микроэмульсионное заводнение, но заводняющий агент должен обладать необходимой подвижностью и низким поверхностным натяжением с нефтью. В этом случае граница раздела нефть – вода будет устойчивой, и не будут образовываться вязкие пальцы. Но микроэмульсии чувствительны к агрессивной среде пласта. В

результате устойчивое микроэмульсионное состояние в лабораторных условиях, становится неустойчивым в условиях реального пласта [2].

В связи с этим, возникает задача: создания на границе раздела нефть-вода переходной области с низким поверхностным натяжением не являющейся микроэмульсией, обладающей слабой чувствительностью к температуре и жёсткостью пластовых вод. В качестве такой суспензии была выбрана водная суспензия на основе планарных наночастиц графена [3].

В результате обнаружено, что водная графеновая суспензия из планарных наноструктур на границе раздела нефть-вода, обладает вытесняющей способностью. В эксперименте с использованием ячейки Хеле-Шоу показано, что в процессе вытеснения на границе раздела, не образуются вязкие пальцы, как результат неустойчивости на границе раздела нефть – вода (рис. 1.).

Таким образом, по результатам исследования можно говорить о перспективности разработки технологии по вытеснению остаточной нефти из нефтегазового пласта с использованием суспензии на основе графита.

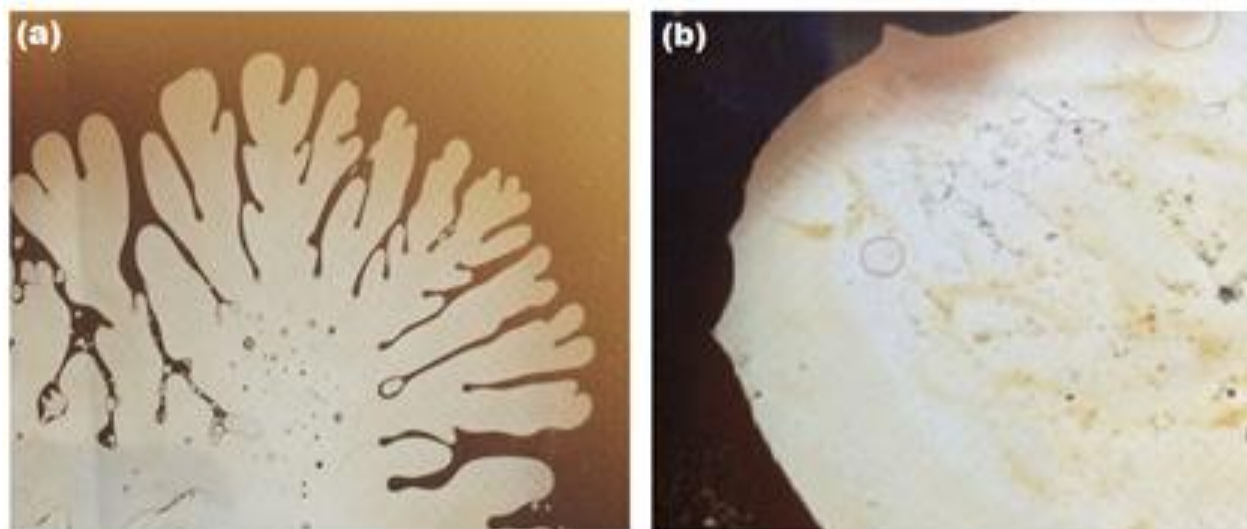


Рис. 1. Вытеснение водой нефти в ячейке Хеле-Шоу: (а) с образованием вязких пальцев; (б) без образования вязких пальцев с устойчивой границей раздела вода – графит – нефть.

1. Бакиров А. У., Барьюдин В. Л., Бахишев Ю. Ю. и др., Химические методы в процессах добычи нефти, Наука, (1987)
2. Биэ Ж., Клэн Б., Лаланн П. и др. Микроэмульсии, Структура и динамика, Мир, (1990).
3. Belenkov E.A. Shabiev F.K, Letters on materials, 4, 459-462. (2015).

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ ЁМКОСТНОЙ ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ НА КАПИЛЯРНЫЕ СВОЙСТВА БАЗАЛЬТОВЫХ ТКАНЕЙ

Карноухов А.Е. *, Вознесенский Э.Ф., Каримуллин И.И., Харапудько Ю.В.

ФГБОУ ВО «КНИТУ», г. Казань, Россия

*E-mail: a.carnouhov@yandex.ru

STUDY OF THE EFFECT OF HIGH-FREQUENCY CAPACITIVE PLASMA TREATMENT ON CAPILLARY PROPERTIES OF BASALT FABRICS

Karnoukhov A.E., Voznesensky E.F., Karimullin I.I., Harapudko U.V.

KNRTU, Kazan, Russia

Were studied the capillary of basalt fiber after low-temperature plasma treatment in radio-frequency capacitive discharge. It was established experimentally increase in the height of the capillary rise of water for the treated sample.

Базальтовые ткани (БТ) представляют собой материал, получаемый сплетением непрерывных базальтовых нитей. Они имеют уникальный химический состав, который обуславливает их высокие показатели физико-механических и физических свойств таких, как предел прочности при растяжении, устойчивость к агрессивным средам, теплостойкость, малый удельный вес и др. [1] Данные свойства позволяют базальтовым тканям вытеснить с рынка их более дорогой и распространённый аналог – стеклоткани. Одной из возможных областей применения БТ является создание на их основе волокнистого полимерного композиционного материала (ВПКМ).

Целью работы является изучение влияния режимов плазменной обработки на капиллярность БТ.

Модификацию БТ проводят в высокочастотном емкостном (ВЧЕ) плазменном разряде с целью увеличения адгезионной способности БТ. В работе [2] исследовано влияние режимов плазменной обработки на физико-механические свойства стекловолокна.

Для проведения исследования была выбрана базальтовая ткань, изготовленная из скрученных базальтовых нитей производителя ООО «ЕЗИМ» (Россия).

Обработку БТ проводили в опытно-промышленной плазменной установке для создания ВЧЕ разряда при пониженном давлении [3]. Обработку производили в смеси аргона с воздухом. Модификация проводилась при следующих параметрах: давление $P=20$ Па; мощность W варьировалась от 0,6 до 1,5 кВт; время обработки t от 5 до 15 минут.

Капиллярность тканей измерялась по высоте капиллярного поднятия воды h . Полученные результаты приведены на рис.1

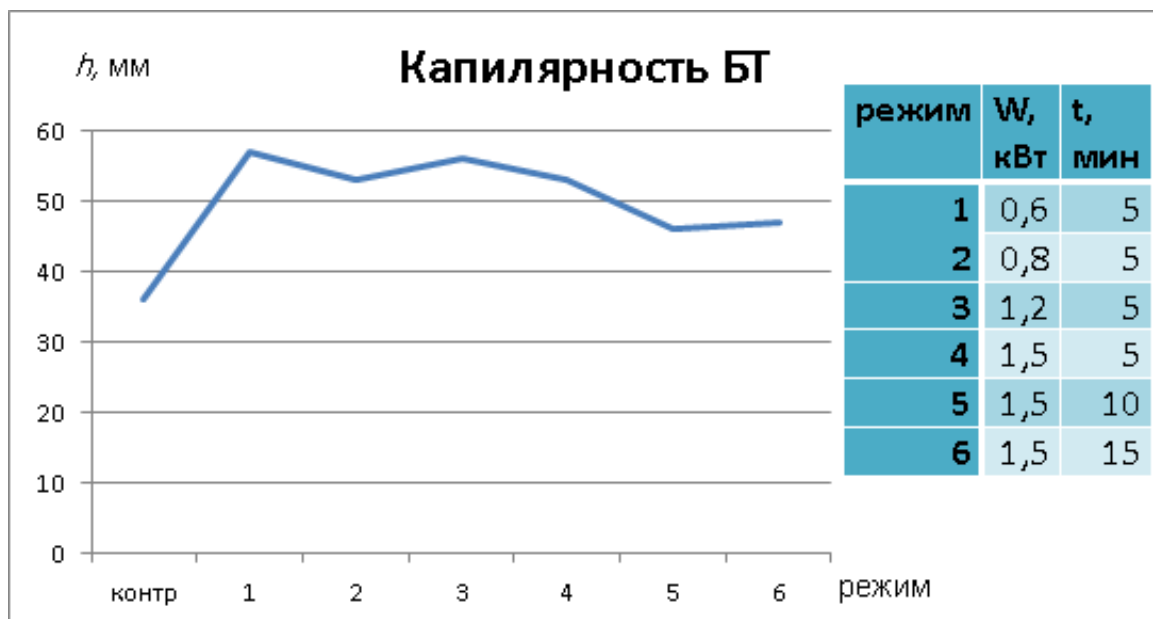


Рис. 1. Зависимость капиллярности силикатных тканей от режима обработки

В ходе работы выявлено, что ВЧЕ плазменная обработка позволяет эффективно увеличить капиллярность базальтовых тканей. Установлено, что при обработке в режиме $W=0,6$ кВт, $t=5$ мин и $W=1,5$ кВт, $t=5$ мин достигается увеличение капиллярности на 58% в сравнении с контрольным образцом.

1. Мийченко И. П. Наполнители для полимерных материалов Учеб. пособие. – М.: МАТИ, 2010. – 196с.
2. Абдуллин И. Ш., Ибрагимов Р. Г., Парошин В. В. Влияние ВЧЕ-плазменной обработки на физико-механические свойства стекловолокна // Вестник Казанского технологического университета. 2013. №17.
3. Абдуллин И. Ш., Желтухин В. С., Сагбиев И. Р., Шаехов М.Ф. Модификация нанослоев в высокочастотной плазме пониженного давления. - Казань: Изд-во Казан. технол. ун-та, 2007. - 356 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ СУПЕРСПЛАВОВ НА НИКЕЛЬХРОМОМОЛИБДЕНОВОЙ ОСНОВЕ

Гибадуллина А.Ф. *, Половов И.Б Ребрин О.И.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н.Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: gibadullina.a@gmail.com

MODELLING OF THE STRUCTURE OF SUPERALLOYS BASED ON NICKEL-CHROMIUM-MOLYBDENUM SYSTEM

Gibadullina A.F. *, Polovov I.B., Rebrin O.I.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

New type of nickel-based superalloy was proposed in terms of its application in contact with molten chloride salts. Thermocalc Software AB was used to simulate the phase content of new alloy in dependence on its chemical composition. It was shown that carbon content in the material should be maintain at minimal level. The influences of other elements presence in the γ -phase austenite matrix were analyzed.

По итогам научно-исследовательских работ, направленных на изучение коррозионной стойкости никелевых сплавов при контакте с жидкосолевыми хлоридными расплавами, сделан вывод о необходимости разработки нового материала на никелевой основе с пониженным содержанием углерода. В качестве основы предложена система Ni–Cr–Mo, обладающая благоприятным сочетанием коррозионных и механических свойств. Учитывая, что рабочими условиями создаваемого материала являются агрессивная среда и повышенные температуры (550–700 °С), то матрица материала должна отличаться стабильностью, а содержание углерода минимизировано для исключения образования карбидных фаз по границам зёрен.

Термодинамическое моделирование проводилось с целью выбора оптимального состава сплава при помощи программного комплекса фирмы Thermocalc Software AB, позволяющего не только описывать фазовые диаграммы, но и предсказывать стабильные фазы и их термодинамические свойства в тех областях диаграмм, где отсутствует достоверная экспериментальная информация. Из анализа диаграммы состояния Ni–Cr–Mo в диапазоне температур 500–1000 °С следует, что стабильная однофазная структура, представляющая собой γ -фазу – твердый раствор на основе никеля с ГЦК-решеткой, возможна лишь при низких концентрациях хрома и молибдена. При анализе влияния углерода отмечено, что уменьшение концентрации благоприятно сказывается на стабильности матрицы, однако понижение температуры усложняет фазовую структуру материала, как с позиции интерметаллических соединений, так и возможности выпадения карбидных фаз. Это обусловлено метастабильной структурой

гамма-твердого раствора в системе Ni-Cr-Mo-C, и следовательно обуславливает необходимость для аустенизации материала проведение термической обработки при температурах 1100 °С или выше.

Для исключения образования ТПУ-фаз по границам зерен, инициирующих межкристаллитное разрушение, выбрана концентрация молибдена 12–16 мас. %, а содержание хрома в материале должно поддерживать в диапазоне 23–25 %. для исключения распада ГЦК-структуры, вызываемого селективным вытравливанием хрома из приповерхностного слоя при взаимодействии с солевым электролитом. Примеси железа, вольфрама и кобальта в материале должны быть минимизированы. Для связывания углерода и азота предложено легирование сплава ниобием или титаном.

Важно отметить, что при анализе полученных данных необходимо учитывать и кинетические факторы, ведь процесс перехода из метастабильного состояния гамма-твердого раствора в термодинамически устойчивое положение требует преодоления активационного барьера, причем, чем ниже температура, тем менее вероятен переход системы в активное состояние.

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МЕТЕОРИТА ODESSA

Муфтахетдинова Р.Ф. *, Яковлев Г.А., Гроховский В.И.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: gizrozka91@bk.ru

STRUCTURAL FEATURES OF ODESSA METEORITE

Muftakhetdinova R.F. *, Yakovlev G.A., Grokhovsky V.I.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

We have studied microstructural features in the material of the Odessa iron meteorite (IAB-MG) by optical and scanning electron microscopy with EDS and EBSD units. As a result of the study, it was possible to identify the presence different minerals and their features, including bands of the surface of the magnetic domains in the cohenite, observed as Bitter-patterns.

Исследование вещества внеземного происхождения вызывает большой интерес не только в области космохимии, минералогии, физики конденсированного состояния, но и в материаловедении, поскольку большинство метеоритов имеют в своем составе сплавы Fe-Ni, которые относятся к материалам конструкционного и функционального назначения.

Объектом этого исследования является фрагмент железного метеорита Odessa, найденный в 1922 году недалеко от одноименного города в Техасе, США.

Данный метеорит является кратерообразующим объектом общей массой более 1,6 тонн. Метеорит Odessa относится к грубоструктурным октаэдритам, с шириной балок камасита $1,70 \pm 0,25$ мм [1].

Методами дифракции обратно-отраженных электронов (EBSD) и локального химического анализа (EDX) исследованы основные минералы. В структуре наблюдаются большие округлые агрегаты, состоящие из троилита, графита и силикатов, окруженные прерывистой каймой из шрейберзита $(\text{Fe, Ni})_3\text{P}$ и когенита (Fe_3C) . С помощью фазового картирования EBSD был идентифицирован минерал когенит. На снимках когенита во вторичных электронах наблюдаются полосчатая структура (рис. 1).

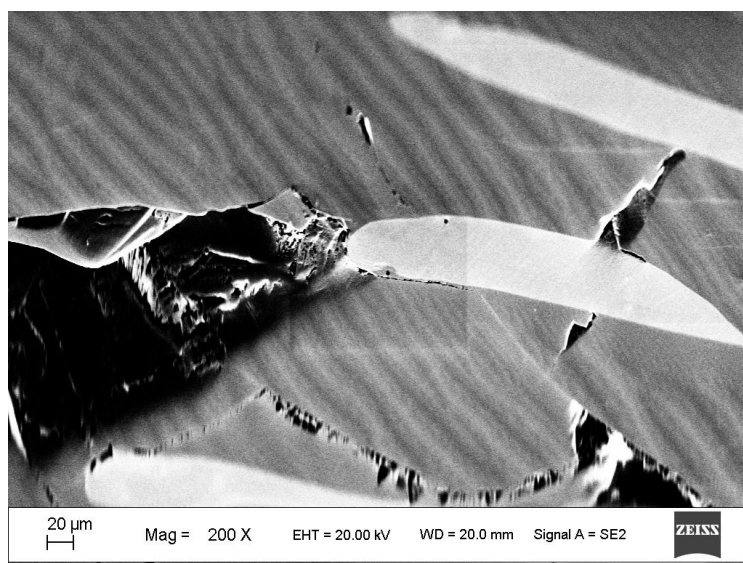


Рис. 1. SEM изображение полосчатой структуры в когените, связанная с проявлением магнитных доменов.

Эти полосы в структуре не связаны с химическим составом или фазовой ориентацией. Ранее подобный эффект в когените, связанный с магнитными доменами, проявляющихся в виде фигур Акулова-Битера был изучен в работах [2, 3]. Данная структура в метеорите Odessa тоже связана с формирования контраста от взаимодействия электронов с магнитными доменами. В оптический микроскоп контраст на этих доменах не проявляется.

1. Buchwald V. F., Handbook of Iron Meteorites. Their History, Distribution, Composition and Structure, Vols. 1–3 (1975).
2. Brecher A., Cutrera M., J. Geomag. Geoelectr., 28, 31-45 (1976).
3. Reznik B., Kontny A., Uehara M., Gattacceca J., Solheid P., Jackson M., J. Magnetism and Magnetic Mater., 426, 594-609 (2017).

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКОЙ КОРРОЗИОНСТОЙКОГО СПЛАВА VDM® ALLOY C-4 РАЗЛИЧНОГО СОРТАМЕНТА

Гибадуллина А.Ф. *, Шак А.В., Жилияков А.Ю., Беликов С.В.,
Половов И.Б., Ребрин О.И.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия.

*E-mail: gibadullina.a@gmail.com

INVESTIGATION OF STRUCTURE AND HEAT TREATMENT OF VARIOUS GRADES OF CORROSION-RESISTANT ALLOY VDM®ALLOY C-4

Gibadullina A.F. *, Shak A.V., Zhilyakov A.Yu., Belikov S.V.,
Polovov I.B., Rebrin O.I.

Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

The processes of heat treatment of sheets and tubes made from VDM® Alloy C-4 were investigated. The following regime of heat treatment was chosen – annealing at 1100 °C during 30 min with further rapid quenching in the air. It was also shown that the cooling rate should be higher than 4 °C/min to prevent sigma-phase formation along the grain boundaries.

Целью настоящей работы являлась разработка режима термической обработки сварных швов коррозионностойкого никелевого сплава VDM® Alloy C-4 (UNS N06455) сортаментов «лист» и «труба».

Сплав сочетает высокую коррозионную стойкость в агрессивных средах и прочность при повышенных температурах, но чувствителен к термообработке. Ранее проведенные исследования показали, что материал склонен к межкристаллитной коррозии за счёт выпадения вторичных фаз по границам зёрен при проведении сварных работ.

Методом просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) показано, что основной избыточной фазой, формирующейся в материале VDM® Alloy C-4, при повышенных температурах является сигма-фаза. На основании данных ПЭМ определен ее химический состав: содержание молибдена изменяется в интервале 58...62 мас. %, никеля – 24...27 мас. %, а хрома – 13...15 мас. %.

Для обоснования выбора температуры нагрева под закалку определены температурно-временные условия диссоциации вторых фаз в сплаве VDM® Alloy C-4 в предварительно состаренных образцах (отжиг для получения структуры аустенита с частицами вторых фаз при 800 °C в течение 32 часов). Показана необходимость термической обработки образцов после термовлияния.

На основании анализа структуры термообработанного сплава (как матрицы, так и сварных швов), размера зерен полученного материала и его твердости ре-

комендовано осуществлять термообработку с закалкой на аустенит при 1100 °С в течение 10 минут на толщину образца 1 мм.

Прочностные характеристики по сравнению с исходным состоянием выше, а значения относительного удлинения и сужения сопоставимы с ними. После отжига при 1100 °С фасетки скола практически исчезают, доля ямочного микро рельефа увеличивается, что свидетельствует о повышении энергоемкости разрушения. Для объяснения явления повышения прочностных свойств при одновременном снижении пластичности нами проведена серия измерений по изучению структуры состаренных материалов методом просвечивающей электронной спектроскопии. Установлено, что упрочнение сплава VDM® Alloy C-4 при длительной выдержке при 550-600 °С связано с выделением фазы $\text{Ni}_2(\text{Cr}, \text{Mo})$, упорядоченной по типу Pt_2Mo . Упорядочение приводит к смене механизма деформации от скольжения к двойникованию, которое обычно требует больших напряжений.

С помощью растровой электронной микроскопии (РЭМ) в интервале температур от 500 °С до 1000 °С (с максимальным периодом испытаний до 1000 ч и шагом температур 50 °С) построена ТТР-диаграмма выделения избыточных фаз для сплава VDM® Alloy C-4 различного сортамента. На основании полученных диаграмм оценены минимально допустимые температурно-временные условия эксплуатации (например, для сортамента «труба» - свыше 512 ч при температуре 650 °С и свыше 1000 ч при 600 °С), а также рекомендованы скорости охлаждения исследуемого сплава после аустенизации для предотвращения выделения вторых фаз по границам зерен (не менее 4 °С/мин).

КОРРОЗИОННЫЕ, МЕХАНИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НОВОГО СПЛАВА ХН62М

Трубченинова А.И.^{1*}, Абрамов А.В.¹, Карпов В.В.¹, Дедов К.В.¹,
Асеев М.А.², Жиляков А.Ю.¹, Хотинов В.А.¹, Половов И.Б.¹, Беликов С.В.¹,
Шевакин А.Ф.², Харин П.А.³, Ребрин О.И.¹

¹⁾ Уральский федеральный университет имени первого Президента
России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

²⁾ ФГУП «Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии
имени И.П.Бардина», г. Москва, Россия

³⁾ АО «Научно-исследовательский и конструкторский институт химического
машиностроения», г. Москва, Россия

*E-mail: kdedef@mail.ru

CORROSION, MECHANICAL AND THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF THE NEW ALLOY KHN62M

Trubcheninova A.I.^{1*}, Abramov A.V.¹, Karpov V.V.¹, Dedov K.V.¹, Aseev M.A.²,
Zhilyakov A.Yu.¹, Khotinov V.A.¹, Polovov I.B.¹, Belikov S.V.¹,
Shevakin A.F.², Kharin P.A.³, Rebrin O.I.¹

¹⁾ Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

²⁾ FSUE I.P. Bardin Central Research Institute for Ferrous Metallurgy, Moscow, Russia

³⁾ JSC Scientific Research and Design Institute of Chemical Engineering, Moscow, Russia

The mechanical and thermophysical properties as well as the tendency to intergranular corrosion of the new nickel alloy with low carbon content were investigated. It was found that physical and mechanical properties of the prepared alloy under high temperature conditions are influenced by changes of structure and composition. In separate series of experiments corrosion resistance of the material was studied in a wide temperature range (450 – 650 °C) in the molten chloroaluminate melts. The rates and the mechanisms of corrosion of the studied materials were determined. The processes taking place during the interaction between metals and melts were investigated.

В настоящей работе исследованы теплофизические и механические свойства специально разработанного никелевого сплава на основе марки ХН62М с пониженной концентрацией углерода и повышенным содержанием хрома, а также изучено коррозионное поведение образцов данного сплава в хлоралюминатных расплавах KCl–AlCl₃.

Выплавка сплава и изготовление горячекатанной полосы осуществлены силами ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина». Металл в состоянии поставки был стоек против межкристаллитной коррозии. Теплофизические и механические характеристики, определенные при комнатной температуре характерны для сплавов данного класса в однофазном аустенитном состоянии. На температурных зависимостях относительного удлинения, удельного электрического сопро-

тивления, температуропроводности и теплоемкости в диапазоне 650 – 800 °С отмечено наличие характерных перегибов, связанных с изменением структуры материала.

Эксперименты по оценке коррозионной стойкости в расплавах солей проводили в интервале температур от 450 до 650 °С, варьируя время выдержки от 6 до 100 ч. Установленные величины скоростей коррозии имеют удовлетворительные значения вплоть до 650 °С. Характер разрушения сплава сплошной неравномерный, глубина проникновения не превышает 10 мкм (рисунок 1). Образование вторичных включений в объеме сплава не наблюдается, что согласуется с построенной диаграммой «температура – время – фазовая стабильность». После 100 ч выдержки при 650 °С в поверхностном слое сплава вдоль границ зерен отмечены процессы зарождения избыточных сигма-фаз, провоцирующих межкристаллитное разрушение материала. Формирование данных включений связано с изменением состава сплава в поверхностном слое и повышением количества дефектов в нем по причине сплошной коррозии, имеющей электрохимическую природу.

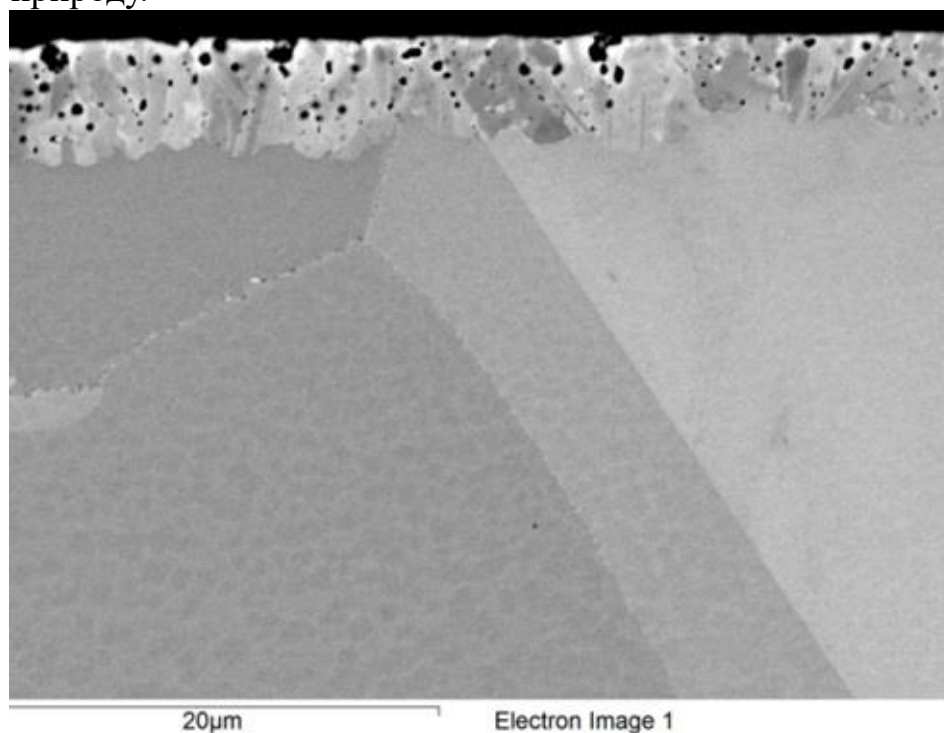


Рис. 1. Микроструктура сплава ХН62М после выдержки в расплаве KCl-AlCl_3 в течение 100 ч при 650 °С

ВЛИЯНИЕ ПЬЕЗОРЕЗИСТИВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НА ЭКРАНИРУЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ ТОКОПРОВОДЯЩИХ ТКАНЕЙ

Тюрин И.Н.^{*}, Гетманцева В.В.

Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, г. Москва, Россия

*E-mail: iniruyt@gmail.com

INFLUENCE OF PIEZORESISTIVE CHARACTERISTICS ON THE SCREENING CAPACITY OF CURRENT-CONDUCTIVE FABRICS

Tyurin I.N.^{*}, Getmantseva V.V.

Kosygin State University of Russia, Moscow, Russia

In this paper, the structural and piezoresistive characteristics of conductive textile materials have been studied. Investigation of piezoresistive characteristics was carried out using the van der Pau method.

Традиционно одежда рассматривается как оболочка, предназначенная для защиты тела человека от холода, наготы, воздействия внешних негативных факторов со стороны окружающей среды. Среди внешних факторов, оказывающих отрицательное воздействие на организм человека и, следовательно, предопределяющих необходимость разработки защитной одежды со специальными функциями, можно выделить электромагнитные излучения (ЭМИ), в том числе излучения радиочастотного диапазона.

В рамках работ, целью которых является разработка одежды для защиты от ЭМИ, необходимо исследовать пьезорезистивные и экранирующие характеристики токопроводящих текстильных материалов. В данной работе исследованы пьезорезистивные характеристики посредством метода Ван-дер-Пау.

В работе в качестве объекта исследования выбрано токопроводящее текстильное полотно. После подготовки образцов токопроводящей ткани размером 200*200 мм (S1) и 100*100 мм (S2), к их поверхности присоединены 4 крулых электрода, изготовленных из стали. Диаметр электродов 15 мм, удельное сопротивление $\rho = 0,103 \dots 0,137 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$, что удовлетворяет требованиям, предъявляемым к материалам, для использования в качестве омического контакта. Вес электродов составил 5,63 г.

В качестве источника питания использован лабораторный источник питания Element 1502DD (Россия). Источник питания (2 А, 0-15 В) использован для подачи постоянного тока небольшой величины (0.5 А) с целью защиты контактов от перегрева, а также в качестве амперметра для измерения тока, проходящего между двумя электродами. Мультиметр СЕМ DT-9969 (Россия) использован в качестве вольтметра для измерения разности напряжений между двумя омическими контактами.

В дальнейшем результаты исследования пьезорезистивных характеристик токопроводящего текстильного полотна (таб.1) будут использованы для оценки влияния этих характеристик на экранирующую способность тканей специального назначения.

Таблица 1

Тип образца	Отклонение от основы, °	Сопротивление, кОм	
		Основа	Уток
S1	0°	0,78	1,36
S2		0,96	1,23
S1	10°	0,71	
S2		0,89	
S1	20°	0,54	
S2		0,71	
S1	30°	0,58	
S2		0,74	
S1	40°	0,62	
S2		0,86	
S1	50°	0,69	
S2		0,91	
S1	60°	0,74	
S2		0,98	
S1	70°	0,82	
S2		1,03	
S1	80°	0,81	
S2		0,99	

СИНТЕЗ И АТТЕСТАЦИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СЛОЕВ ДЛЯ КОМПОЗИТНОГО МУЛЬТИФЕРРОИКА

Кудюков Е.В.^{*}, Балымов К.Г., Антонов И.Д., Терзиян Т.В., Васьковский В.О.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н.Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: e.v.kudyukov@urfu.ru

SYNTHESIS AND ATTESTATION OF FUNCTIONAL LAYERS FOR COMPOSITE MULTIFERROICS

Kudyukov E.V.^{*}, Balymov K.G., Antonov I.D., Terziyan T.V., Vas'kovskiy V.O.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

This work is devoted to the synthesis and attestation of the magnetic and piezoelectric properties of Fe-Ni, Fe-Co, and PVDF films for composite muliferroics.

Композитные мультиферроики в последние два десятилетия, привлекают интерес исследователей, благодаря высокому коэффициенту магнитоэлектрической связи и низким токам утечки. Причём в технологическом и функциональном аспектах наибольший потенциал имеют плёночные композиты, в которых для достижения большого магнитоэлектрического эффекта чередуют слои с высокой магнитострикцией и большим пьезоэлектрическим эффектом. Такими свойствами, в частности, обладают, с одной стороны, магнитострикционные сплавы систем Fe-Ni и Fe-Co [1,2], а, с другой стороны, поливинилденфторид (PVDF), характеризующийся наличием спонтанной поляризации [3]. Однако, в пленочном состоянии реализация необходимого уровня указанных свойств является достаточно сложной задачей. Это обусловлено их сильной зависимостью от композиционно-фазового состояния материалов, контроль которого в рамках плёночных технологий является предметом специальных исследований. Данная работа посвящена изучению влияния различных физико-технологических факторов на структуру, фазовый состав и свойства металлических магнитострикционных и полимерных пьезоэлектрических плёнок в свете их использования в составе композитных планарных структур, обладающих магнитоэлектрическим эффектом.

Магнитострикционные пленки $\text{Fe}_{10}\text{Ni}_{90}$ и $\text{Fe}_{50}\text{Co}_{50}$ получались методом высокочастотного ионно-плазменного распыления в присутствии магнитного поля в плоскости подложки. Толщина плёнок составляла 50 нм. Аттестация образцов в исходном состоянии и после вакуумного отжига велась на основе данных по магнитным и тенземагниторезистивным свойствам. Они измерялись соответственно на вибрационном магнитометре и специализированной установке, обеспечивающей микродеформацию плёночных образцов.

Полимерные пленки PVDF получались на спин-коатере при скорости вращения ротора до 4500 об/мин.. Их толщина варьировалась в пределах 100-200 нм в зависимости от соотношения исходных компонентов и скорости вращения. Термообработка плёнок проводилась на воздухе при температуре 135⁰ С. Аттестация свойств полимерных плёнок осуществлялась с помощью ИК и Рамановской спектроскопии и зондовой микроскопии пьезоэлектрического отклика.

В работе установлены режимы получения и отжига металлических и полимерных плёнок, обеспечивающие оптимальные элементно-фазовый состав, а также магнитные, магнитострикционные и пьезоэлектрические свойства плёнок. Выполнены эксперименты по получению композитных сэндвичей типа металл/полимер и полимер/металл.

1. Pan D.A., Bai Y., Chu W.Y., Qiao L.J. J. Phys. D: Condens Matter 20, 025203–025206 (2008).
2. Srinivasan G., De Vreugd C.P. Phys. Rev. B. 71. 184423 (2005).
3. X. Cai, T. Lei, D. Sun, L. Lin. RSC Advances 7, 15382 (2017).

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ ПРОКАЛИВАНИЯ НА ПРОЦЕСС УДАЛЕНИЯ ТВЕРДОГО УГЛЕРОДА ИЗ ПОРОШКОВЫХ КОМПОЗИЦИЙ "МИКРО(ZrO₂–Y₂O₃)-НАНО(ZrO₂–Y₂O₃)"

Рожественская А.В. *, Бардина М.Н. *, Нестерова И.А., Митюшова Ю.А.,
Султанова Д.Т., Гордеева А.С., Денисова Э.И., Карташов В.В., Чукин А.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: rozhd-bardina@yandex.ru

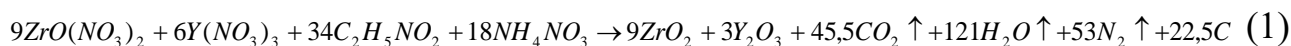
IGNITION CONDITIONS SENSITIVITY ANALYSIS OF SOLID CARBON EVACUATION PROCESS FROM POWDER COMPOSITIONS “MICRO(ZrO₂–Y₂O₃)–NANO(ZrO₂–Y₂O₃)”

Rozhdestvenskaya A.V. *, Bardina M.N. *, Nesterova I.A., Mityushova Y.A.,
Sultanova D.T., Gordeeva A.S., Denisova E.I., Kartashov V.V., Chukin A.V.

Ural Federal University named after the first President of Russia
B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia

Ignition conditions sensitivity analysis of solid carbon evacuation process from powder compositions was studied. The experiments were held at 700, 800 and 900 oC. Holding time was in between 30 sec-60 min. Temperature factor has more sense, than time factor.

Синтезируемые порошковые композиции на основе микропорошков $ZrO_2-Y_2O_3$, модифицированных наноразмерными частицами $ZrO_2-Y_2O_3$, содержат некоторое количество твердого углерода в виде мельчайших частиц сажи. Композиции были получены путем реакции горения (1) растворов нитрата цирконила-иттрия с глицином и аммиачной селитрой в присутствии навески микронного порошка $ZrO_2-5 \text{ масс. \% } Y_2O_3$:



Большая часть углерода сгорает в пламени, возникающем в процессе синтеза благодаря добавке аммиачной селитры. Но, несмотря на высокую температуру пламени (до 1000°C) часть углерода не успевает перейти в газообразное состояние, т.к. процесс горения протекает очень быстро. О присутствии свободного углерода свидетельствует серый цвет порошковых композиций, и его наличие в дальнейшем будет снижать механические свойства получаемых керамических материалов.

В работе изучали влияние условий прокаливания на процесс удаления твердого углерода из порошковых композиций «90 %микро($ZrO_2 - Y_2O_3$)–10 % нано($ZrO_2 - Y_2O_3$)». Углерод удаляли путем прокаливания в муфельной печи.

Навески выдерживали в тиглях при температурах 700 , 800 и 900°C в течение различных интервалов времени. По убыли массы навесок рассчитывали количество удаленного углерода. Результаты представлены на рис. 1.

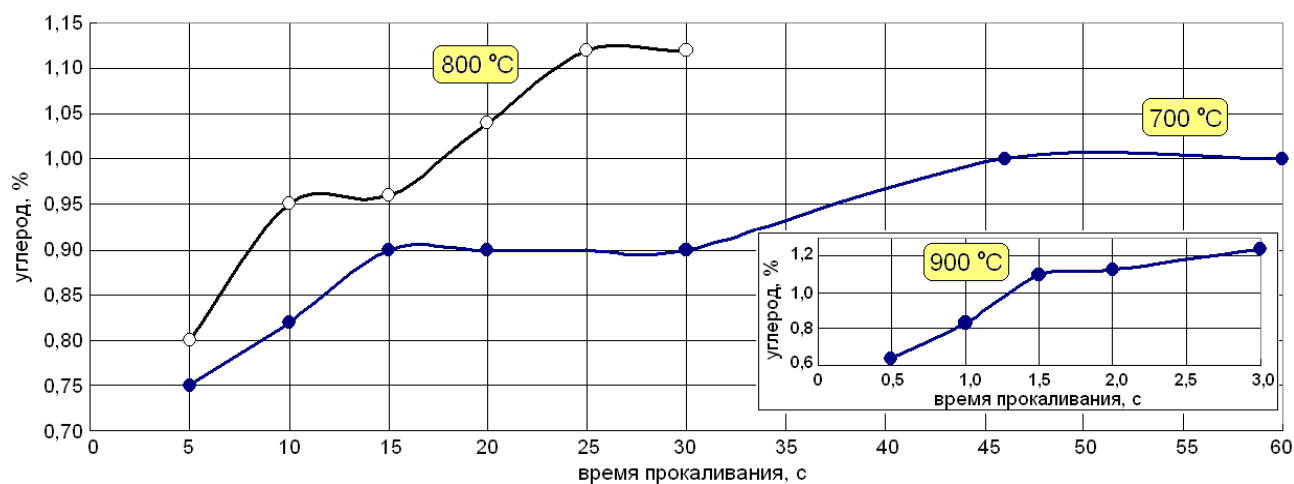


Рис. 1. Зависимость количества удаленного углерода от температуры и времени прокаливания

После термообработки все порошковые композиции приобретали одинаковый чистый белый цвет без посторонних оттенков. При прокаливании в течение 45 и 60 минут при 700°C было удалено одинаковое количество углерода – 1 %. При повышении температуры до 800°C один и тот же результат (1,12 %) был достигнут и за 25 и за 30 минут. При 900°C для удаления 1,24 % углерода было

достаточно 3 минут. Эксперимент требует дальнейшего продолжения. По результатам, температурный фактор оказывает большее влияние, чем временной. Возможно, дальнейшее повышение температуры позволит сократить время выдержки до нескольких секунд. Кратковременное пребывание композиции при высокой температуре не приведет к существенному укрупнению наноструктурированных частиц, но обеспечит полное удаление углерода.

ТВЕРДЫЕ РАСТВОРЫ НА ОСНОВЕ ФЕРРОКУПРАТА БАРИЯ И ИТТРИЯ

Ёлохова А.А., Брюзгина А.В., Урусова А.С., Черепанов В.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: elokhova.alena@yandex.ru

SOLID SOLUTIONS BASED ON FERROCUPRATE OF BARIUM AND YTTRIUM

Elokhova A.A., Bryuzgina A.V., Urusova A.S., Cherepanov V.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The samples were prepared using a glycerol–nitrate technique. All samples for the structural examination were quenched from 1273 K (cooling rate about 500 K/h) in air. X-ray diffraction of powder samples was performed at room temperature using diffractometer Shimadzu XRD -7000 in Cu-K α radiation ($\lambda=1,5418 \text{ \AA}$). The structural parameters were refined by the Rietveld profile method using the Fullprof-2017 package.

По результатам РФА установлено, что на основе оксида $YBaFeCuO_{5\pm\delta}$ образуются три твердых раствора $YBaFe_xCu_{1-x}O_{5\pm\delta}$ ($0.95\leq x\leq 1.1$), $YBaCo_yFe_{1-y}CuO_{5\pm\delta}$ ($0\leq y\leq 0.25$) и $YBa_{1-z}Sr_zFeCuO_{5\pm\delta}$ ($0.05\leq z\leq 0.25$).

Согласно литературным данным сложный оксид $YBaFeCuO_{5+\delta}$ имеет тетрагональную структуру (пр. гр. $P4mm$) с $a = 3.861 \text{ \AA}$ и $c = 7.637 \text{ \AA}$ [1].

В литературе также изучен твердый раствор $YBa_{1-s}Sr_sCo_2O_5$ ($0\leq s\leq 1$) с тетрагональной ячейкой ($a=3.887 \text{ \AA}$ и $c=7.530 \text{ \AA}$) [2] и сложные оксиды $YBaFe_{2-d}Cu_dO_{5+\delta}$, которые образуются в интервале составов $1.0\leq d\leq 1.1$ со структурой типа $a_p\times a_p\times 2a_p$ (пр. гр. $P4mm$) [3].

В данной работе твердые растворы на основе $YBaFeCuO_{5\pm\delta}$ были синтезированы по глицерин-нитратной технологии и для определения области гомогенности образцы анализировали методом рентгеновской порошковой дифракции.

Все однофазные образцы описываются тетрагональной ячейкой типа $a_p \times a_p \times 2a_p$ (пр.гр. $P4mm$) с параметрами указанными в таблице.

Параметры ячеек твердых растворов на основе $\text{YBaFeCuO}_{5\pm\delta}$

Состав	$a, \text{\AA}$	$c, \text{\AA}$	$V, (\text{\AA})^3$
$\text{YBaFe}_{0.95}\text{Cu}_{1.05}\text{O}_{5\pm\delta}$	3.869(1)	7.667(1)	114.786(3)
$\text{YBaFeCuO}_{5\pm\delta}$	3.871(1)	7.662(1)	114.839(3)
$\text{YBaCo}_{0.05}\text{Fe}_{0.95}\text{CuO}_{5\pm\delta}$	3.872(1)	7.657(1)	114.813(3)
$\text{YBaCo}_{0.1}\text{Fe}_{0.9}\text{CuO}_{5\pm\delta}$	3.871(1)	7.653(1)	114.676(1)
$\text{YBaCo}_{0.2}\text{Fe}_{0.8}\text{CuO}_{5\pm\delta}$	3.871(1)	7.644(1)	114.538(3)
$\text{YBaCo}_{0.25}\text{Fe}_{0.75}\text{CuO}_{5\pm\delta}$	3.871(1)	7.640(1)	114.502(9)
$\text{YBa}_{0.95}\text{Sr}_{0.05}\text{FeCuO}_{5\pm\delta}$	3.868(1)	7.663(2)	114.619(3)
$\text{YBa}_{0.75}\text{Sr}_{0.25}\text{FeCuO}_{5\pm\delta}$	3.856(1)	7.655(2)	113.814(2)

Из приведенных в таблице данных видно, что допирование $\text{YBaFeCuO}_{5\pm\delta}$ стронцием и кобальтом приводит к уменьшению параметров элементарной ячейки, что связано с размерным эффектом ($r_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{4+}} = 0.785 / 0.725 \text{\AA}$, к.ч. = 6 и $r_{\text{Co}^{3+}/\text{Co}^{4+}} = 0.61 / 0.53 \text{\AA}$, к.ч. = 6) [4].

1. Клындюк А.И., Физика твердого тела, том 51, 237-241,(2009)
2. McKinlay A., Connor P., et al., J. Phys. Chem. C, 111, 19120-19125(2007)
3. Урусова А.С. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата химических наук (2015)
4. Shannon R.D. Revised effective ionic radii and systematic studies of interatomic distances in halides and chalcogenides. Acta Cryst, A. 32, P. 751-767.(1976)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДВИЖЕНИЯ РАСПЛАВА НА МИКРОСТРУКТУРУ 3D ПЕЧАТНОГО ИЗДЕЛИЯ, ВЫПОЛНЕННОГО МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОГО ПЛАВЛЕНИЯ

Иванов Р.А.*, Мелких А.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: symection@gmail.com

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF MELT MOVEMENT ON THE MICROSTRUCTURE OF A 3D PRINTED PRODUCT COMPLETED BY THE METHOD OF LASER MELTING

Ivanov R.A.*, Melkikh A.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The work is devoted to the selection by experiment of the optimal parameters of selective laser melting of ceramic and metal powders concentrated on tension forces in metal pool

Селективное лазерное плавление (SLM, selective laser melting) - это одна из аддитивных технологий (3D печать), которая вызывает интерес как способ производства изделий высокой плотности и управляемой структуры из металлических и керамических материалов. На сегодняшний момент наиболее разработанные режимы такого способа производства имеют металлические материалы (титан, алюминий, сталь, бронза). Напечатанные из этих материалов изделия имеют лучшую плотность, чем у литых аналогов, а также малое искажение размеров. Но, несмотря на высокие результаты, получаемые продукты имеют ряд нерешённых проблем и отклонений, например поверхностная шероховатость и анизотропность свойств, а также, существует большой спектр потенциально пригодных для использования материалов, которые требует более глубокого изучения аддитивных процессов создания объектов.

Дело в том, что селективное лазерное плавления имеет локальный характер воздействия. В результате которого происходит резкий переход малого объёма порошкового материала (исходного сырья) в жидкую фазу. Образованная ванна расплава обладает особой динамикой движения жидкого вещества из-за различия в силах поверхностного натяжения, которые возникают как следствие неоднородного воздействия лазерного излучения. А также большое влияние, особенно в металлических материалах, имеет проникновение расплава в окружающий, нерасплавленный, порошковый материал, вследствие капиллярности [2].

Данная исследовательская работа концентрируется на тестировании новых экспериментальных методик поиска оптимальных режимов, с учётом поведения расплавленного материала, а также на анализе поверхностной и внутренней структуры итоговых изделий.

Экспериментальная установка имеет в качестве источника лазерного излучения Nd: YAG-лазер с максимальной выходной мощностью 300 Вт, фокусировочным пятном 50-200 мкм. Для нанесения порошка использовался металлический нож.

Основные результаты получены на материале смеси оксида циркония с оксидом алюминия, а также на порошке чистого алюминия. При применении разработанных методик восстановления объёмной геометрии линии расплава, и соотнесения их с экспериментом, были выявлено наличие образований различной зерновой микроструктуры. Так же, показана эффективность углового сплавления, в качестве методики поиска оптимального расстояния между треками сплавления.

1. Childs, T. H. C Selective laser sintering (melting) of stainless and tool steel powders: experiments and modelling // Proceedings from the Institute of Mechanical Engineers.10.2005.P. 339-357
2. Tien T. Roehling Modulating laser intensity profile ellipticity for microstructural control during metal additive manufacturing / Tien T. Roehling, Sheldon S.Q. Wu, Saad A. Khairallah, John D. Roehling ,S. Stefan Soezeri, Michael F. Crumb, Manyalibo J. Matthews // Acta Materialia 128 (2017) 197-206

КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ ОБЩЕГО СОСТАВА $\text{Sr}_{1-x}\text{Gd}_x\text{FeO}_{3-\delta}$

Хвостова Л.В., Петрова А.В., Волкова Н.Е., Черепанов В.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: lada.zubatkina@yandex.ru

CRYSTALLINE STRUCTURE OF COMPLEX OXYDES OF GENERAL COMPOSITION $\text{Sr}_{1-x}\text{Gd}_x\text{FeO}_{3-\delta}$

Khvostova L.V., Petrova A.V., Volkova N.E., Cherepanov V.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Single phase $\text{Sr}_{1-x}\text{Gd}_x\text{FeO}_{3-\delta}$ solid solutions were obtained at 1100°C in air within the two ranges $0.05 \leq x \leq 0.30$ (with the cubic structure, sp. gr. $Pm\bar{3}m$) and $0.8 \leq x \leq 1.0$ (with the orthorhombic structure, sp. gr. $Pbnm$).

Сложные оксиды со структурой типа перовскита в настоящее время широко изучаются. Но систематизированных данных о кристаллической структуре и физико-химических свойствах сложных оксидов общей формулой $\text{Sr}_{1-x}\text{Gd}_x\text{FeO}_{3-\delta}$ на данный момент нет.

В связи с этим целью данной работы является изучение кристаллической структуры и систематизация полученных данных.

Согласно результатам РФА закаленных образцов ряд $\text{Sr}_{1-x}\text{Gd}_x\text{FeO}_{3-\delta}$ при 1100°C на воздухе имеет два типа кристаллической решетки. Кристаллическая структура феррита стронция $\text{SrFeO}_{3-\delta}$ описывается в тетрагональной ячейке (пр.гр. $I4/mmm$), а $\text{Sr}_{1-x}\text{Gd}_x\text{FeO}_{3-\delta}$ ($0.05 \leq x \leq 0.30$) - в кубической (пр.гр. $Pm\bar{3}m$). Рентгенограммы образцов $\text{Sr}_{1-x}\text{Gd}_x\text{FeO}_{3-\delta}$ ($0.8 \leq x \leq 1.0$), подобно $\text{GdFeO}_{3-\delta}$, имеют орторомбическую структуру (пр.гр. $Pbnm$). В качестве примера дальше представлена кристаллическая структура $\text{Sr}_{0.8}\text{Gd}_{0.2}\text{FeO}_{3-\delta}$ (рис. 1).

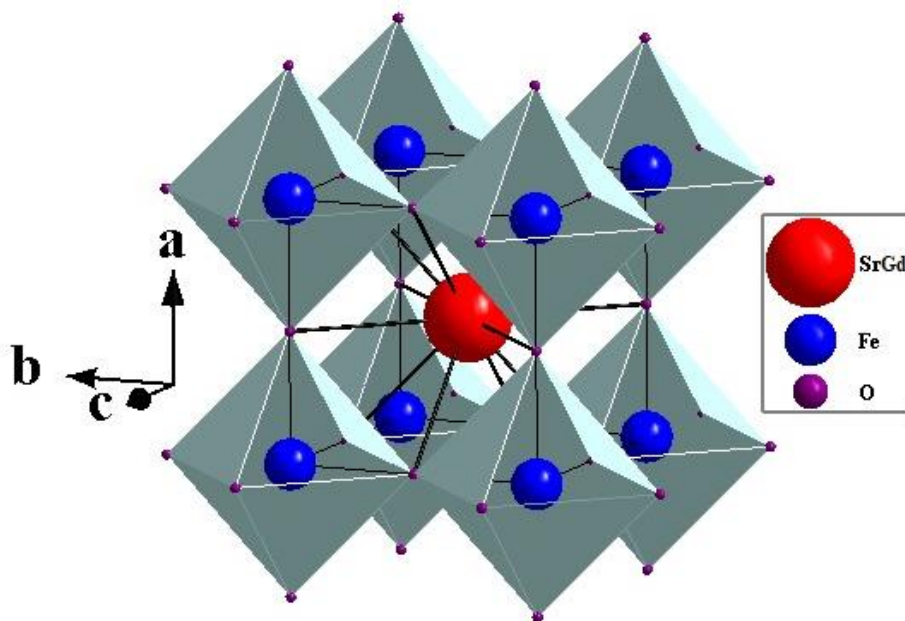


Рис. 1. Кристаллическая структура $\text{Sr}_{0.8}\text{Gd}_{0.2}\text{FeO}_{3-\delta}$.

Для всех однофазных образцов методом термogrавиметрического анализа (ТГА) была изучена кислородная нестехиометрия (δ), как функция температуры на воздухе. Абсолютное значение кислородного дефицита определяли методами йодометрического титрования и полного восстановления образцов в токе водорода.

СВОЙСТВА СЛОЖНЫХ ВИСМУТЗАМЕЩЕННЫХ ОКСИДОВ НА ОСНОВЕ CaMoO_4

Пьянкова Д.В.^{*}, Михайловская З.А., Кузнецова Ю.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: dianapyankova@gmail.com

PROPERTIES OF COMPLEX BISMUTH-DOPED OXIDES BASED ON CaMoO_4

Piankova D.V.^{*}, Mikhailovskaya Z.A., Kuznetsova Yu.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

A series of bismuth-doped calcium molybdates $\text{Ca}_{1-x}\text{Bi}_x\text{MoO}_{4+x/2}$, $\text{Ca}_{1-3x}\text{Bi}_{2x}\text{Phi}_x\text{MoO}_4$, $\text{Ca}_{1-3x}\text{Bi}_{1.6x}\text{Phi}_{1.4x}\text{MoO}_4$ were synthesized by conventional solid state technology and investigated using X-ray powder diffraction. For these complex oxides, structural features, energy gap values, and photocatalytic activity were determined.

Соединения со структурой шеелита ABO_4 являются интересным объектом фундаментальных кристаллографических и прикладных исследований. Образование катионных и анионных вакансий в данных структурах при введении различных ионов в катионную и анионную подрешетку приводит к изменению оптических, электрофизических и химико-физических свойств, что позволяет проследить закономерность состав-структура-свойства.

Твердые растворы номинального состава $\text{Ca}_{1-x}\text{Bi}_x\text{MoO}_{4+x/2}$, $\text{Ca}_{1-3x}\text{Bi}_{2x}\text{Phi}_x\text{MoO}_4$, $\text{Ca}_{1-3x}\text{Bi}_{1.6x}\text{Phi}_{1.4x}\text{MoO}_4$ синтезированы по стандартной керамической технологии, аттестация полученных материалов проведена методом РФА. Выяснено, что твердых растворов на основе $\text{Ca}_{1-x}\text{Bi}_x\text{MoO}_{4+x/2}$ не образуется. Для составов $\text{Ca}_{1-3x}\text{Bi}_{2x}\text{Phi}_x\text{MoO}_4$ выделены две области гомогенности. При содержании висмута $0.025 \leq x \leq 0.15$ структуру $\text{Ca}_{1-3x}\text{Bi}_{2x}\text{Phi}_x\text{MoO}_4$ можно описать в рамках тетрагональной симметрии (пр. гр. $I41/a$), для составов с содержанием висмута $0.15 < x < 0.225$ зафиксированы дополнительные рефлексы на дифрактограммах в области малых углов в рамках сверхструктурного упорядочения (шеелитная сверхупорядоченная структура). Висмут-дефицитные сложные оксиды $\text{Ca}_{1-3x}\text{Bi}_{1.6x}\text{Phi}_{1.4x}\text{MoO}_4$ ($x=0.025$; 0.05) принадлежат к тетрагональной симметрии (пр. гр. $I41/a$), имеют большие значения параметров элементарной ячейки, чем соответствующие стехиометрические соединения вследствие наличия искажения металл-кислородных полиэдров.

По спектрам отражения составов $\text{Ca}_{1-3x}\text{Bi}_{2x}\text{Phi}_x\text{MoO}_4$ ($x=0.05$; 0.075 ; 0.10 ; 0.125 ; 0.15) определены полосы поглощения, обусловленные межзонными оптическими переходами и переходами, предположительно связанными с локальными дефектными центрами матрицы, а также значения ширины запрещенной

зоны для всех видов переходов, для непрямых переходов – дополнительно энергии фононов.

Измерения фотокаталитической активности образцов $Ca_{1-3x}Bi_{2x}F_xMoO_4$ показали, что при росте концентрации допанта происходит общее существенное увеличение фотокаталитической активности образцов. Выделены два диапазона, внутри которых зависимость степени превращения от состава имеет куполообразный вид. Максимальная эффективность катализатора приходится на составы $Ca_{0.475}Bi_{0.35}MoO_4$ и $Ca_{0.4375}Bi_{0.375}MoO_4$.

СПОСОБ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ОТЛИВОК ПРИ ГАЗИФИЦИРОВАННОМ ЛИТЬЕ С ЦЕЛЬЮ УВЕЛИЧЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ

Аникеев А.Н.^{*}, Седухин В.В.

Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет), г. Челябинск, Россия

*E-mail: anikeev-ml@mail.ru

A METHOD OF MODIFICATION SURFACE MOULD IN GASIFICATED CASTING TO PURPOSE INCREASE WEAR RESISTANCE

Anikeev A.N.^{*}, Seduhin V.V.

South Ural State University (national research university), Chelyabinsk, Russia

The article suggests a method for increasing the wear resistance of a casting surface by introducing a pre-prepared insert with dispersed tungsten and titanium particles. The method makes it possible to obtain an extended wear-resistant layer in a metallic casting.

Последние десятилетия во всех промышленно развитых странах характеризуются усилением внимания к проблемам трения, изнашивания материалов [1, 2]. Особенно важны способы повышения износостойкости, обеспечивающие возможность регулирования толщины износостойкого слоя: многие методы обеспечивают только тонкий износостойкий слой, после разрушения которого изделие быстро выходит из строя [3].

В данной работе коллективом исследователей предложен метод модифицирования поверхностных слоев металлических отливок путем предварительной подготовки износостойких вставок, внедрение их в пенополистирольную модель в объемы будущей отливки, подвергающиеся наибольшим нагрузкам.

В качестве основы износостойкой вставки был взят пористый полиуретановый фильтр (величина пор 5-7 мм), размерами 70×70×20 мм, на который послойно наносилась смесь карбидов титана и вольфрама (соотношение карбидов в смеси составляло 50/50 масс. %). В качестве связующего использовался рас-

твор «Сиалит-20». Каждый новый слой наносился после полного высыхания предыдущего. После полного высыхания смеси фильтр укладывали в пенополистирольную модель таким образом, чтобы после заливки и затвердевания металла одна из его сторон являлась поверхностью получаемой отливки. Полученные модели окрашивались и заливались сталью 20. В результате эксперимента был получен литой образец с удовлетворительной поверхностью, визуально не имеющий дефектов.

Исследование микроструктуры полученного металла показало, что полного растворения карбидов титана в металле не произошло, но в металле имеется наличие карбонитридов и нитридов титана. Частицы карбида вольфрама прореагировали с металлом практически в полном объеме, поскольку в различных сечениях встречается эвтектика вольфрама в металлической матрице.

Исследование микротвердости показало, что наблюдается явный градиент твердости от поверхности полученной детали в направлении основного объема металла: на поверхности 265,3 HV с плавным уменьшением до 245,6 HV. Исследование износостойкости, проведенное путем принудительного истирания в абразивной среде показало, что созданный модифицированный слой имеет износостойкость на 28,9-34,5% выше, чем основной металл отливки.

Работа выполнена в рамках выполнения гранта Президента РФ по договору №14.Y30.18.2874-МК.

1. Алексеев Н.М., Айсс Н. Трибология: опыт США и стран СНГ, Машиностроение (1993).
2. Аникеев А.Н., Чуманов И.В., Сементин И.А. Моделирование способа повышения износостойкости коронок экскаваторов путем дисперсного упрочнения карбидом титана, Сталь (2015).
3. Нестеров Н.В., Ермилов А.Г. Способ модифицирования поверхности отливок, патент на изобретение RUS 2391177 24.01.2008.

ИЗУЧЕНИЕ ПРОДУКТОВ РЕАКЦИИ КАРБИДА ТИТАНА И НИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙ ВОЛЬФРАМСОДЕРЖАЩЕЙ СТАЛЬЮ В ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ АТМОСФЕРЕ

Аникеев А.Н.^{*}, Сергеев Д.В.

Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет), г. Челябинск, Россия

*E-mail: anikeev-ml@mail.ru

A STUDY OF THE PRODUCTS REACTION TITANIUM CARBIDE AND LOW-CARBON TUNGSTENE-CONTAINING STEEL IN THE OXIDATIVE ATMOSPHERE

Anikeev A.N.^{*}, Sergeev D.V.

South Ural State University (national research university), Chelyabinsk, Russia

The article describes the experiment on wetting titanium carbide with low-carbon tungsten containing steel. Studies of the reaction products of molten metal and titanium carbide carried out on an electron microscope are given.

Исследование фундаментальных закономерностей взаимодействия материалов является важнейшей задачей материаловедов. Одной из характеристик таких закономерностей является изучение смачивания материалов. Для изучения смачивания традиционно применяется методика лежащей капли, реализуемая контактным или бесконтактным (капиллярным) методом в различных атмосферах [1, 2]. Изучение данного явления критически важно для технологий упрочнения материалов, основанных на взаимодействии твердых фаз (например, карбидов) и металлических расплавов [3, 4].

Проведение угла смачивания карбида титана низкоуглеродистой (0,17-0,23%) вольфрам содержащей (2,1-2,3%) сталью проводили на установке для изучения смачивания в Научно-исследовательском институте литья передовой капиллярной методикой в окислительной атмосфере. Суть данной методики заключается в том, что капля расплава выдавливается на подложку из дисперсных частиц карбидов после расплавления в отдельной капельнице. После выдавливания капли и контактирования с подложкой наблюдался четкий профиль капли с углом смачивания 97 градусов. Для изучения продуктов взаимодействия капля манипулятором была передвинута по подложке и выдержана в течении 300 секунд. Во время данной выдержки было замечено незначительное увеличение угла смачивания до 110 градусов. Дальнейшее увеличение времени выдержки не повлияло на изменение угла смачивания. После проведения эксперимента подложка и капля были исследованы на сканирующем электронном микроскопе.

Исследование подложки проводили в четырех зонах: зоне первоначального контакта, в зоне передвижения капли, зоне финальной выдержки, краевой зоне

(где капля не касалась подложки). Во всех четырех зонах поверхность подложки визуально не отличается, однако при отборе спектров было замечено, что: 1) состав спектров в первых трех зонах (падения, передвижения и финальной выдержки) практически не отличается; 2) в краевой зоне наблюдается переход карбида титана в карбонитрид титана; 3) в результате контакта расплавленного металла и подложки в присутствии окислительной атмосферы происходит трансформация карбида титана в окси карбонитрид титана. Исследование "подшвы" капли металла показало, что в процессе взаимодействия происходит адсорбция углерода и титана металлом. На микроструктурах также явно различимы отдельные дисперсные фазы, размером 0,5-1,5 мкм. Спектральный анализ показал, что это дисперсный карбид вольфрама, образовавшийся в результате реакции вольфрама с дополнительным углеродом, адсорбированным из карбида титана.

Работа выполнена в рамках реализации гранта Президента РФ по договору №14.Y30.18.2874-МК.

1. Sobczak N., Singh M., Asthana R. High-temperature wettability measurements in ceramic-metal systems – some methodological issues. Current Opinion in Solid State & Materials Science (2005).
2. Аникеев А.Н., Чуманов И.В. Исследование смачиваемости карбида титана металлическим расплавом. Ч.І и Ч.ІІ. Электromеталлургия (2014).
3. Комшуков, В. П. Модифицирование непрерывнолитой стали нанопорошками тугоплавких соединений. Современная электromеталлургия (2004).
4. Чуманов И.В., Чуманов В.И., Аникеев А.Н. Упрочнение металлических материалов дисперсными тугоплавкими частицами. Проблемы черной металлургии и материаловедения (2010).

НАПРАВЛЕННАЯ МОДИФИКАЦИЯ НАНОСТРУКТУР

Козловский А.Л.^{*}, Кадыржанов Д.Б.

Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан

*E-mail: artem88sddt@mail.ru

DIRECTED MODIFICATION OF NANOSTRUCTURES

Kozlovskiy A.L.^{*}, Kadyrzhanov D.B.

Eurasian national university, Astana, Kazakhstan

The use of ionizing radiation is an effective tool for stimulating a controlled modification of structural and conductive properties of nanomaterials. The paper presents the results of studies of the influence of irradiation with Ar⁺⁸ ions with an energy of 1.75 MeV/nucleon with a fluence from 1×10^9 to 5×10^{11} ion/cm² on structural and conductive properties of Zn nanotubes. Using SEM, X-ray diffraction and EDA methods it was established that irradiation

tion with Ar^{+8} ions makes it possible to modify the crystal structure of nanotubes, increasing their conductivity and decreasing the resistance of nanostructures, without destroying the structure.

Среди огромного разнообразия металлических наноматериалов, наноразмерные структуры Zn и его оксида ZnO занимают особое положение: они обладают как полупроводниковыми, так и пьезоэлектрическими свойствами, что может служить основой для электромеханически связанных датчиков и преобразователей, они также относительно биологически безопасны, обладают низкой токсичностью и биосовместимостью. Одной из важных особенностей применения наноструктур является их устойчивость к внешним воздействиям, таким как ионизирующее излучение, электронное облучение. Важным аспектом исследований является изучение взаимодействия ионизирующего излучения с наноразмерными объектами, что позволяет не только определить лимитирующие факторы использования наноструктур в условиях экстремальных воздействий, но и придать наноматериалам новые свойства. Ионное облучение является привлекательным методом, который дает возможности не только определять границы применимости наноструктур в экстремальных условиях, но и технологическим процессом, позволяющим в перспективе получать наноматериалы обладающие новыми свойствами.

В работе представлены результаты исследований влияния облучения ионами Ar^{+8} с энергией 1.75 МэВ/нукл с флюенсом от 1×10^9 до 5×10^{11} ион/см² на структурные и проводящие свойства Zn нанотрубок.

Показано, что при увеличении флюенса облучения наблюдается незначительное увеличение параметров элементарной ячейки, что может быть обусловлено увеличением вклада тепловых колебаний. Анализ изменения плотности дислокаций и напряжений в облученных наноструктурах свидетельствует о том, что в результате облучения наблюдается снижение деформации в структуре и последующей релаксации внутренних напряжений. Однако при увеличении флюенса облучения выше 1×10^{11} ион/см² наблюдается возрастание напряжений, что может быть обусловлено формированием каскадных дефектов в структуре за счет резкого увеличения температурного вклада в изменение кристаллической решетки и переориентации текстурных плоскостей. При этом модификация кристаллической структуры ионами Ar^{8+} приводит к изменению проводящих свойств, что обусловлено изменением кристаллической структуры за счет изменения концентрации дефектов и переориентации текстурных плоскостей.

Таким образом, изменение кристаллической структуры а также увеличение проводящих свойств нанотрубок подтверждает возможность применения ионизирующего излучения для контролируемой и направленной модификации Zn нанотрубок.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РЕФРАКЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПОТОКА ВОДЫ С МЕЛКОДИСПЕРСНЫМИ ПРИМЕСЯМИ

Зейде К.М.^{*}, Шаров В.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: k.m.zeyde@urfu.ru

EXPERIMENTAL STUDY OF THE REFRACTIVE PROPERTIES OF THE WATER FLOW WITH HIGH-DISPERSITY IMPURITIES

Zeyde K.M.^{*}, Sharov V.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The work describes all stages of planning and preparing a full-scale experiment to study the refractive properties of the water flow, including those with high-dispersity impurities, at the microwave range. The experiment is carried out using standard waveguides. The impurity used is an iron micro powder. In addition to the refractive properties, the adjacent parameter is the coefficient of drag.

Полное теоретическое изучение электрофизических свойств мелкодисперсных материалов, в том числе в системах, находящихся в аксиальном движении, приводится в работах [1] и [2]. Данная работа посвящена планированию, подготовке и обработке результатов натурного исследования данной системы. На рис. 1 показана структурная схема экспериментального стенда.

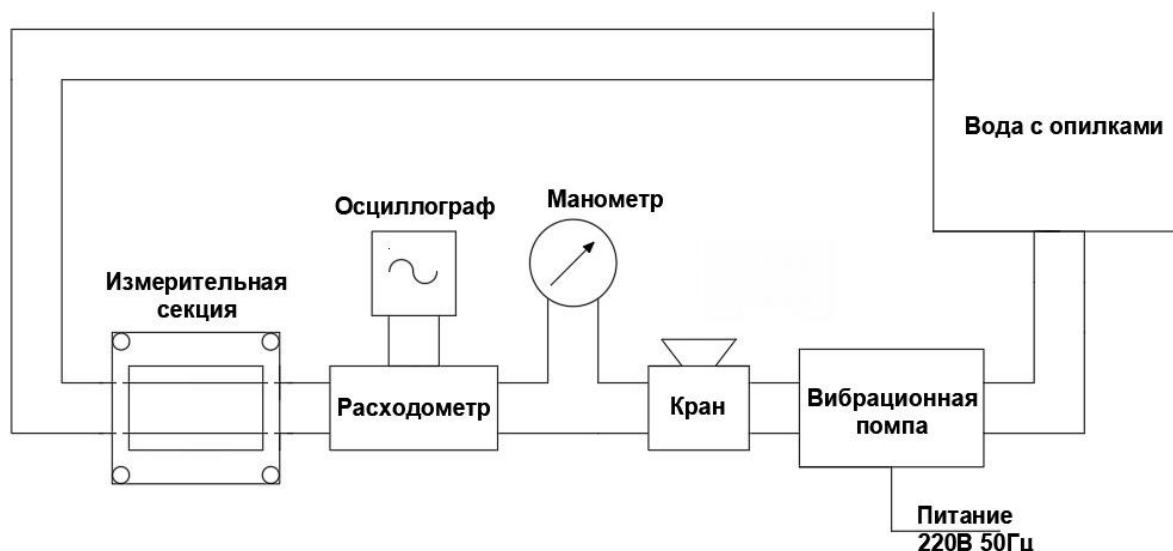


Рис. 1. Модель антенны

Предлагаемый эксперимент проводится в рамках проекта по созданию и использованию материалов с управляемыми рефракционными свойствами. Водный поток, увлекающий гранулы мелкодисперсного материала, демонстрирует

дебаевскую релаксационную модель электрофизических параметров. Управляя концентрацией гранул порошка, приходящихся на объем, на котором происходит рефракция (или дифракция), возможно в режиме реального времени изменять электродинамические свойства среды. Данный эксперимент нацелен, как на получения технических требований по системе управления концентрацией мелкодисперсного материала, так и на уточнение рефракционной модели именно водяного потока, а не неподвижной среды.

Вибрационная помпа создает давление около 11.8 атм, краном регулируется расход для проведения ряда опытов при разных входных значениях. Манометр, с классом точности 1.2, служит для контроля давления в гидросистеме. Расходомер на основе датчика Холла, подключается к осциллографу и по количеству импульсов за единицу времени вычисляется скорость потока. Мелкодисперсным материалом является порошок железа со средним диаметром гранул равным 0.0575 мм. Основным элементов стенда является измерительная секция.

Измерительная секция собирается из волноводов 23x10 мм, работающих на частотном диапазоне 7-12 ГГц. Данные цепи снимаются с помощью векторного анализатора R&S ZVA24. В узкой стенке волновода прорезано отверстие диаметром 6 мм, через которое в полость линии передачи входит диэлектрическая трубка, являющаяся частью общей гидросистемы. Первичными параметрами измерения являются коэффициенты S_{11} и S_{21} , для различных входных условий проведения эксперимента. В общем виде, измерительная группа и способ обработки результатов соответствует представленным в [3].

Верификация полученных данных может быть проведена на резонансной измерительной секции, аналогичной описанной в [4].

Смежная задача, решаемая в рамках исследования, имеющая скорее метрологическое значение, нежели материаловедческое – это установление коэффициента увлечения для смеси воды с мелкодисперсным порошком, по аналогии с классическим экспериментом Физо [5].

1. Zeyde K.M., Materials science forum, vol. 870, pp. 90-94 (2016)
2. Zeyde K.M., Gudkova S.A., Vinnik D.A., Solid State Phenomena, vol. 265. (2017)
3. Knyazev N.S., Malkin A.I., REIT Proc., CEUR WS. (2017)
4. Кириченко А.Я. и др., Электромагн. волны и эл. сис., т.11, вып. 9, стр. 34-41. (2006)
5. Morizot O. and etc., European journal of physics, November. (2010)

рН СРЕДЫ ВНУТРИ ПОР И ВБЛИЗИ ПОВЕРХНОСТИ БИНАРНЫХ КСЕРОГЕЛЕЙ ZrO_2-SiO_2 ПО ДАННЫМ СПИНОВЫХ ЗОНДОВ

Антонов Д.О.^{1*}, Молочников Л.С.², Ковалева Е.Г.¹

¹⁾ Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

²⁾ Уральский Государственный Лесотехнический Университет, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: roll.in.stove@gmail

LOCAL pH VALUES FOR ZrO_2-SiO_2 BINARY XEROGELS BY EPR OF SPIN PROBES

Antonov D.O.^{1*}, Molochnikov L.S.², Kovaleva E.G.¹

¹⁾ Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

²⁾ State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

In this paper, the changes in local pH values for ZrO_2-SiO_2 binary xerogels as compared to those for individuals ones and for external solution are widely discussed and interpreted.

Для катализа важную роль играет кислотность среды, но кислотность в растворе и внутри пор катализатора могут различаться. Причинами этих отличий может послужить как собственный заряд поверхности, так и изменение свойств воды, находящейся вблизи неё.

Целью работы является оценка различий рН среды в растворе и в порах и вблизи поверхности бинарного ксерогеля ZrO_2-SiO_2 методом спинового зонда.

Для исследования были выбраны индивидуальные диоксиды кремния и циркония и смешанные ксерогели с содержанием ZrO_2 11 и 42 мол. %. Образцы были синтезированы гидролизом металлоорганических прекурсоров в водно-аммиачной атмосфере по методике, описанной в работе [1].

В качестве зонда был использован рН - чувствительный нитроксильный радикал (НР), способный давать различные ЭПР спектры в протонированной и не протонированной формах. Метод ЭПР позволяет различать как параметры ЭПР спектра радикала в диффузионном слое вблизи поверхности, так и параметры ЭПР спектра радикала, находящегося на самой поверхности. Радикал, находящийся в диффузионном слое, позволяет оценить изменение рН среды внутри пор и вблизи поверхности твердофазной композиции.

Исследования проводились согласно методике описанной в работе [2]. По результатам исследований строились кривые титрования (рис. 1) в координатах а, % - изменение константы сверхтонкого взаимодействия радикала от рН внешнего раствора.

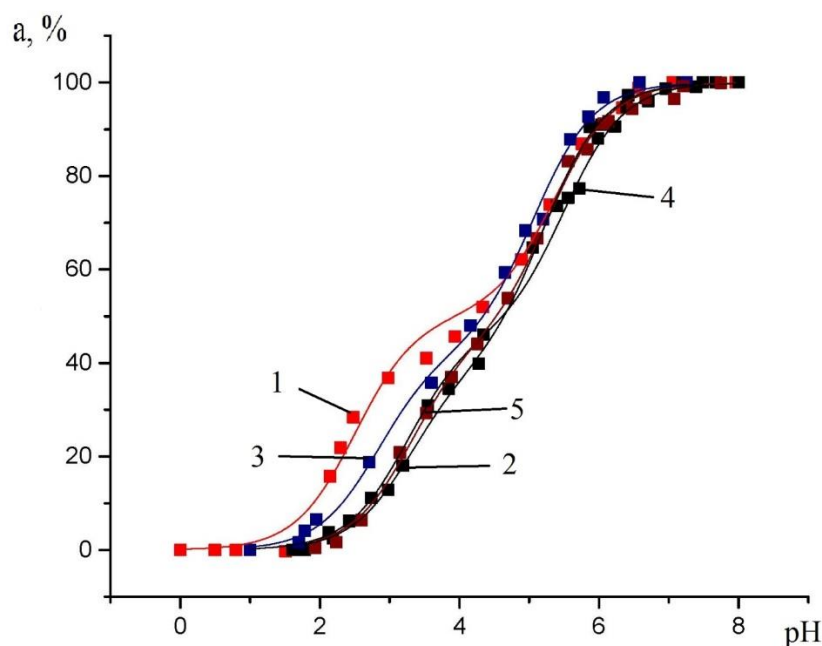


Рис.1. Кривые титрования быстро движущихся НР вблизи поверхности образца:
1- GP, 2-SiO₂, 3- ZrO₂, 4- ZrO₂-SiO₂-11%, 5- ZrO₂-SiO₂- 42%

Из графика титрования нитроксильного радикала, построенного по изотропному сигналу (рис 1) видно, что кривая титрования для образца чистого диоксида кремния заметно смещена вправо от градуировочной кривой в нижней части графика. Такое смещение показывает, что значение pH вблизи поверхности и внутри пор этого образца значительно выше чем в растворе.

Кривая титрования НР для образца ZrO₂ так же смещена вправо, но находится значительно ближе к градуировочной, кривые титрования для смешанных образцов ZrO₂-SiO₂ проходят между кривыми титрования для индивидуальных диоксидов. Из этого графика можно сделать вывод, что введение ZrO₂ кремнеземную матрицу снижает значение pH вблизи ее поверхности и внутри пор. Так же такое расположение кривых титрования для смешанных образцов говорит о том, что смешанная Zr-O-Si фаза не влияет на кислотность среды вблизи образца.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке грантов РФФИ № 17-03-00641 и Минобразования РФ в рамках базовой части государственного задания, проект №4.9514.2017/8.9.

1. Шишмаков А.Б., Молочников Л.С., Антонов Д.О. и др., Журн. неорг. химии, 61, № 9, 1141–1148 (2016).
2. Kovaleva E.G., Molochnikov L.S., Golovkina E.L., et al. Microporous and Mesoporous Materials. 203, 1-7 (2015).

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРНЫХ СВОЙСТВ ДЕНДРИТОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ РАДИАЦИОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ He-ЧАСТИЦАМИ

Козловский А.Л.*, Кадыржанов Д.Б.

Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан

*E-mail: artem88sddt@mail.ru

INVESTIGATION OF CHANGES IN THE STRUCTURAL PROPERTIES OF DENDRITES UNDER THE ACTION OF RADIATION IRRADIATION BY HE-PARTICLES

Kozlovskiy A.L.*, Kadyrzhanov D.B.

Eurasian national university, Astana, Kazakhstan

Structure and morphology is the basis for the development of functional nanomaterials with controlled properties for practical use. This work is aimed at studying the effect of irradiation with alpha particles on the structural and conductive properties of Ni / Cu dendrites.

Структура и морфология является основным критерием при разработке функциональных наноструктур с контролируемыми свойствами для практического применения. В свою очередь, металлические наноструктурные дендриты представляют большой интерес в различных областях применений в качестве катализаторов за счет большой площади поверхности и низкой плотности, усилителей электрических сигналов, основы для SERS технологии и т.д.

Данная работа посвящена исследованию влияния ионизирующего излучения на наноматериалы, различной геометрии. Ni/Cu дендриты, выбранные в качестве объектов исследования, были получены методом электрохимического осаждения на гибких полимерных подложках, обладают развитой морфологией и имеют большой потенциал применения в качестве элементов устройств для микроэлектроники. Низкоэнергетичные ионы He выбраны с целью моделирования накопления трансмутантного гелия, приводящего к набуханию и дефектообразованию в структуре, способного привести к снижению работоспособности электронных устройств.

Установлены зависимости изменения структурных и проводящих свойств от дозы облучения низкоэнергетичными альфа-частицами. Изучено влияние облучения на появление аморфных и дефектных областей, которые приводят к снижению проводимости и ухудшению рабочих характеристик.

Научное издание

V Международная молодежная научная конференция:
Физика. Технологии. Инновации.
ФТИ-2018

14–18 мая 2018 г.

Тезисы докладов

Печатается в авторской редакции

Компьютерная верстка
А. В. Ищенко

Подписано в печать 10.05.2018. Формат 70×100 ¹/₁₆.
Бумага офсетная. Печать цифровая. Усл. печ. л. 56,6.
Уч.-изд. л. 50,9. Тираж 500 экз. Заказ